



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**“DISEÑO DE UN BIODIGESTOR CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA GENERAR
GAS METANO DE USO DOMÉSTICO, ESTABLO SAN ANTONIO – MONSEFÚ 2016”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTOR:

AYASTA CUSTODIO ROBERTO CARLOS

ASESOR:

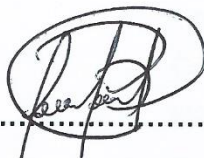
Dr. RICARDO RODRIGUEZ PAREDES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

**DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA
CHICLAYO , PERÚ**

2016

PÁGINA DE JURADO



BACHILLER: AYASTA CUSTODIO ROBERTO CARLOS

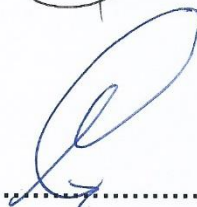
Presentada a la escuela profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la
universidad Cesar Vallejo para optar el Título profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO



Ing. Salazar Mendoza Aníbal Jesús

PRESIDENTE



Ing. Celada Padilla James Skinner

SECRETARIO



Ing. Reyes Tassara Pedro Demetrio

VOCAL

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico con
inmenso cariño y amor a mis padres:

Cayetano Deciderio Ayasta Garnique
Micaela Custodio Túllume

De igual forma a mis hermanos:

Ronald Enrique Ayasta Custodio.

Nilton César Ayasta Custodio

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios; todo poderoso por haberme permitido empezar y culminar mi meta trazada.

A mis padres: Cayetano y Micaela por su apoyo incondicional en mi meta trazada.

A mis tíos: Bertha Marcela y José Manuel Custodio Túllume por ser los guías en mis estudios trazados.

De igual manera a mis profesores de la Universidad César Vallejo que contribuyeron en mi formación académica.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo AYASTA CUSTODIO ROBERTO CARLOS identificado con DNI N° 41524741, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la **Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica**, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la **Universidad César Vallejo**.

Chiclayo, Diciembre del 2016

.....
AYASTA CUSTODIO ROBERTO CARLOS

DNI: 41524741

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grado y Título de la Universidad César Vallejo presento antes ustedes la Tesis titulada **“DISEÑO DE UN BIODIGESTOR CON ENERGÍA FOTOVOLTAÍCA PARA GENERAR GAS METANO DE USO DOMÉSTICO, ESTABLO SAN ANTONIO - MONSEFÚ 2016”**

La misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Mecánico Eléctrico

El Autor

AYASTA CUSTODIO ROBERTO CARLOS

INDICÉ

PÁGINA DEL JURADO	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
INDICÉ	vii
INDICÉ DE FIGURAS	ix
INDICÉ DE TABLAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1 Realidad Problemática	13
1.1.1 Realidad problemática internacional	13
1.1.2 Realidad problemática nacional	15
1.1.3 Realidad problemática local	16
1.2 Trabajos previos	17
1.2.1 A nivel internacional	17
1.2.2 A nivel nacional	23
1.2.3 A nivel local	25
1.3 Teorías relacionadas al tema	26
1.3.1 Biogás	26
1.3.2 El biogás como combustible para cocina	29
1.3.3 El biodigestor	29
1.3.4 Características básicas de un sistema de biodigestión	30
1.3.5 Tipos de biodigestores	30
1.4 Formulación del problema	37
1.5 Justificación del estudio	37
1.5.1 Justificación técnica	37
1.5.2 Justificación económica	37
1.5.3 Justificación social	38

1.5.4	Justificación ambiental.....	38
1.6	Hipótesis	38
1.7	Objetivos	39
1.7.1	Objetivo general	39
1.7.2	Objetivo específicos.....	39
II.	METODO.....	39
2.1	Diseño de investigación	39
2.2	Variables de Operacionalización	39
2.2.1	Variable independiente	39
2.2.2	Variable dependiente	39
2.3	Población y muestra.....	41
2.3.1	Población.....	41
2.3.2	Muestra	41
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	41
2.4.1	Técnicas	41
2.4.2	Instrumentos de recolección de datos.....	42
2.4.3	Validez y confiabilidad de los instrumentos	42
2.5	Métodos de análisis de datos.....	42
2.5.1	Aspectos éticos.....	42
III.	RESULTADOS	43
3.1	Realizar un estudio de producción del estiércol de ganado vacuno.....	43
3.2	Realizar el estudio de niveles de radiación que se presenta en la zona .	44
3.3	Diseñar las dimensiones del biodigestor y sistema fotovoltaico	46
3.4	Realizar la evaluación técnica y económica del diseño	61
IV.	DISCUSIÓN	67
V.	CONCLUSIÓN	68
VI.	RECOMENDACIONES	69
VII.	REFERENCIAS.....	70
	ANEXOS.....	72
	Guía de observación 01.....	73
	Guía de observación 02.....	74

INDICÉ DE FIGURAS

Figura 1 Estimaciones antropogénicas de metano.....	15
Figura 2 Producción de gas a partir de la degradación de materia orgánica.....	28
Figura 3 Esquema de un sistema fotovoltaico.....	32
Figura 4 Panel solar mono cristalino.....	33
Figura 5 Primera ley de la termodinámica.....	34
Figura 6 Diagrama de fases de las sustancias puras.....	35
Figura 7 Expresión de la segunda ley de la termodinámica.....	35
Figura 8 Geometría del cilindro de biodigestor.....	48
Figura 9 Geometría del agitador del biodigestor.....	53
Figura 10 Esquema del biodigestor.....	53
Figura 11 Sistema fotovoltaico.....	56
Figura 12 Panel fotovoltaico policristalino.....	58

INDICÉ DE TABLAS

Tabla 1 Estimación de la emisión de metano proveniente de fermentación.....	17
Tabla 2 Características del biogas a partir de la excreta del ganado vacuno.....	27
Tabla 3 Niveles de presiones en biodigestores.....	27
Tabla 4 Composición química del metano.....	28
Tabla 5 Principales tipos de biodigestores.....	31
Tabla 6 Ganado vacuno en establo San Antonio.....	43
Tabla 7 Cantidad de estiércol de vacuno recolectado en establo.....	44
Tabla 8 Tendencia de los niveles de radiación solar(kw-H/m2).....	45
Tabla 9 Tendencia de los niveles de radiación solar(kw-H/M2).....	45
Tabla10 Peso total del biodigestor.....	51
Tabla 11 Características eléctricas de panel fotovoltaico.....	57
Tabla 12 Valores del ángulo de inclinación de panel solar en Lambayeque.....	58
Tabla 13 Inversión inicial del proyecto.....	62
Tabla 14 Flujo de caja del proyecto	63
Tabla 15 Flujo de caja del proyecto	64

RESUMEN

El presente trabajo de Investigación denominado: “DISEÑO DE UN BIODIGESTOR CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA GENERAR GAS METANO DE USO DOMÉSTICO, ESTABLO SAN ANTONIO - MONSEFÚ 2016”, está enmarcado dentro del uso de las energías no convencionales para el sector rural en el Perú, y reglamentado por el Ministerio de Energía y Minas.

Se propone un diseño de un sistema de Biodigestor accionado con energía solar; el gas metano que se origina del estiércol del ganado vacuno en el establo, se utilizaría para la cocción de alimentos. La energía solar que es captada por 4 paneles de 50 Watt, es enviada hacia un banco de baterías de 12 voltios, controlado por un regulador de carga, la energía eléctrica de la batería acciona a un motor eléctrico de corriente continua, que será el encargado de remover el estiércol mediante un eje ubicado dentro del tanque del biodigestor, y que sirve para acelerar la fermentación del estiércol.

En el Capítulo I, se realizó la revisión de los trabajos previos, justificación, y las teorías relacionadas al tema, con la variable dependiente: generación de gas metano para uso doméstico, y la variable independiente. Diseño de un Biodigestor con energía fotovoltaica. En el capítulo II, se establece la metodología a seguir; en el capítulo III, se muestran los resultados, tanto del diseño de biodigestor como también de los dispositivos encargados de generar energía a partir de la energía solar.

En el capítulo IV, se emite las conclusiones de cada objetivo específico desarrollado, para luego establecer recomendaciones.

PALABRAS CLAVES

Energía Solar, Biodigestor, estiércol.

ABSTRACT

The present research work entitled: "DESIGN OF A BIODIGESTOR WITH PHOTOVOLTAIC ENERGY TO GENERATE GAS METHANE FOR DOMESTIC USE, ESTABLISHED SAN ANTONIO - MONSEFÚ 2016", is framed within the use of unconventional energies for the rural sector in Peru, and Regulated by the Ministry of Energy and Mines.

A design of a Biodigester system powered by solar energy is proposed; the methane gas that originates from cattle manure in the barn would be used for cooking food. The solar energy that is captured by 4 panels of 50 Watt, is sent to a bench of batteries of 12 volts, controlled by a charge regulator, the electric power of the battery drives to an electric motor of direct current, that will be the charge Of removing the manure by means of an axis located inside the tank of the biodigester, and that serves to accelerate the fementación of the manure.

In Chapter I, the works price, justification, and theories related to the subject were analyzed, with the dependent variable: methane gas generation for domestic use, and the independent variable. Design of a Biodigester with photovoltaic energy. Chapter II establishes the methodology to be followed; in chapter III, the results are shown, both of the biodigester design as well as the devices responsible for generating energy from solar energy.

In Chapter IV, the conclusions of each specific objective developed are issued, and then recommendations are made

KEYWORDS

Solar energy, Biodigester, manure.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

1.1.1 Realidad problemática internacional

“La importancia de producción de biogás en Alemania se ha incrementado en los últimos años. Tal producción es uno de los caminos estratégicos, tendiente a reducir la emisión de gases tóxicos emitidos por los combustibles, para el medio ambiente” (Sogari, 2003, p.1).

“Dichas mejoras del medio ambiente y operacionales del gas natural, su utilización en el mundo entero ha ido aumentando año a año. Su participación en la matriz energética mundial ha crecido considerablemente en los inicios del siglo XXI” (Guerrero, 2013, p.4).

En Cuba, en los últimos años, se observa que la presencia de ácido sulfhídrico (H_2S) en el biogás, aun cuando puede ser inferior a 1 %, resulta una dificultad cuando se trata de utilizar el biogás en motores, refrigeradores, calentadores u otros dispositivos metálicos que pueden ser afectados por este gas corrosivo. Utilizando la trampa sugerida (que sustituye filtros a base de óxido de hierro), es posible eliminar el azufre. (Guardado, 2012, p.7)

“España es responsable aproximadamente del 9% de la generación de metano CH_4 en la UE, situándose detrás de Reino Unido, Francia y Alemania con porcentajes en torno al 12%. Si tenemos en cuenta las emisiones mundiales de CH_4 ” (Román, 2013, p.1).

El metano es el 2º responsable del calentamiento global. Por tanto, el control de sus emisiones supone un beneficio para toda la sociedad al incidir directamente en el cambio climático que, como sabemos, supone un riesgo manifiesto no sólo para el medio ambiente, sino para nuestra salud y la de nuestros hijos e hijas. (Guerrero, 2013, p.6).

“El Gas Licuado de Petróleo, es el combustible sustituto del gas natural, en lugares donde no hay red de gas natural, y se considera a éstos gases con de uso social, y además el biogás en zonas rurales” (Guerrero, 2013, p.6).

“Una gran preocupación es la situación actual energética, y por lo tanto es una prioridad de los gobiernos del mundo, y de los organismos internaciones involucrados en el sector energético” (Ministerio de Energia y Minas, 2010, p.1).

“En los establos donde se genera el estiércol, los impactos ambientales son negativos, si el control del almacenamiento no es el adecuado, si existe un transporte deficiente, y si el lugar de aplicación del gas no es controlado mediante tecnologías actuales” (Pinos y otros, 2012, p. 359).

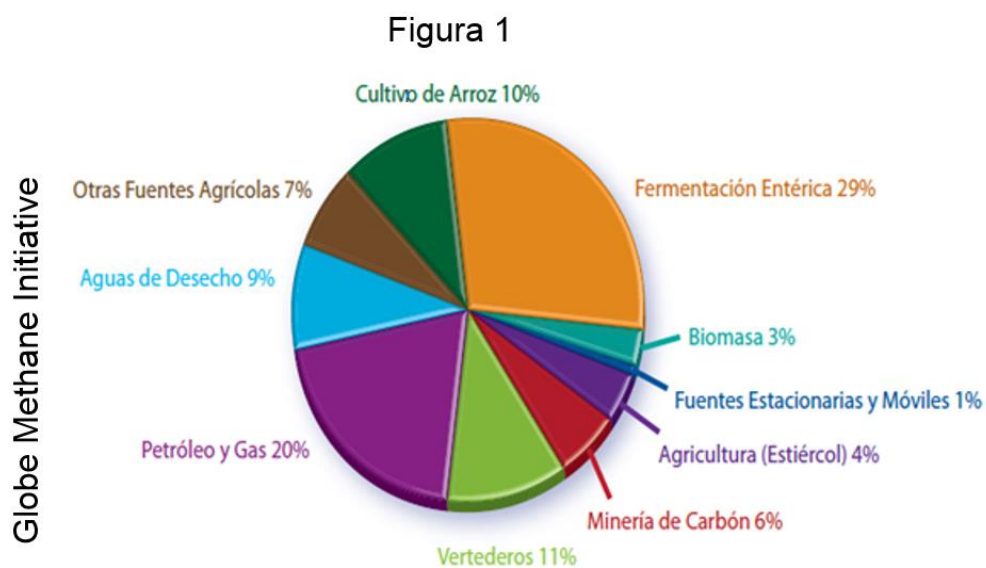
“En los EE.UU, las leyes para el manejo y almacenamiento adecuado del estiércol, si éstos tienen contacto directo con el agua, con el suelo o con la atmósfera, siendo supervisado y certificado por la agencia de protección ambiental (EPA)” (Pinos y otros, 2012, p 359).

La FAO, que es un organismo internacional adjunto a las Naciones Unidas, con sede en la ciudad de Ginebra, menciona que la producción pecuaria es una de las principales causas de contaminación ambiental, en el sector rural, siendo una preocupación apremiante, en todos los países del mundo; por lo tanto cada vez la población pecuaria se incrementa, eso conlleva a que la producción de estiércol se incremente en la misma proporción. (Organizacion de las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación, 2006, p.1).

“El calentamiento de la tierra, la degradación de los terrenos de cultivo, la contaminación del aire y del agua, y la pérdida de biodiversidad, son consecuencias de la emisión de metano, y se estima que las excretas del ganado vacuno, representa el 18% de las emisiones que producen

el denominado efecto invernadero” (Organizacion De Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación, 2006, p.1).

“El sector pecuario, contamina el medio ambiente, sino se realiza una crianza extensiva, y por lo tanto si se hace en forma ordenada y planificada, se revierte ésta situación” (Organizacion de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, 2006, p.1).



1.1.2 Realidad problemática nacional

“Para la cuantificación de las emisiones de metano provenientes de fermentación entérica se evaluó con datos colectados el 2011 por visitas de campo y cuestionarios específicos a cinco hatos lecheros localizados en la costa y sierra del Perú” (Díaz, 2011, p.23).

A nivel nacional existen 106 biodigestores en 15 departamentos que abarca entre modelos artesanales y chinos, que son prematuras tecnologías que se aprovecha con los sistemas de biodigestión para producir energía eléctrica a base de biogás, el cual es una descomposición de materia orgánica y se usa como combustible para cocinar alimentos, cabe mencionar las múltiples aplicaciones de que se puede dar uso. (Salazar, y otros, 2012, p.1)

“En el Perú, la biomasa del sector agrario es una fuente tradicional de energía que satisface necesidades de cocción de alimentos y calefacción de los agricultores Peruanos y representa aproximadamente el 18% de la energía primaria consumida en el país” (Ministerio De Agricultura, 2011,p.3).

Existen oportunidades diferentes para reducir emisiones dependiendo de las características de los sistemas productivos en cada zona del país, con mayor potencial de reducción las provenientes de sistemas pastoriles. Es necesario realizar cambios estratégicos en el sistema productivo ganadero que conlleven a una mayor eficiencia en utilización de nutrientes de forma que contribuyan en la reducción de emisiones de metano lo que simultáneamente conllevara a mejora en su performance económica. (Salazar, y otros, 2012, p.1)

1.1.3 Realidad problemática local

El departamento de Lambayeque tenemos muchos caseríos en la cual sus campesinos han hecho establos ganaderos, sin embargo ellos ignoran la utilidad que tiene el estiércol producido por el ganado vacuno.

En el caserío Calazán de la ciudad de Monsefú existe un establo ganadero en la cual se va a aprovechar el estiércol. El estiércol actualmente es arrojado hacia los botaderos, o utilizados en las unidades agropecuarias para abono de los cultivos, de manera muy rudimentaria.

En el establo, el estiércol se está vendiendo a un precio relativamente muy bajo, que no es nada atractivo para el dueño del establecimiento, teniendo un precio menor a un nuevo sol por cada quintal de estiércol.

Tabla 1

I	Población animal	Estructura medioambiental de la población (%)			Emisión por fermentación entérica		Emisión por manejo de estiércol		Emisión total	
	(cabezas/año)	Frío (-15°C)	Templado (15-25°C)	Cálido (+25°C)	Gg/año	%	Gg/año	%	Gg/año	%
Vacas en producción.	693,651	20	70	10	54.6	11.9	0.6	4.5	55.2	11.7
Vacunos de carne y ganado lechero *	4,900,349	65	25	10	240.1	52.4	6.1	43.9	246.2	52.1
Ovinos.	15,902,000	87	12	1	79.5	17.3	1.7	12.3	81.2	17.2
Caballos.	1,062,154	70	25	5	19.1	4.2	1.4	9.7	20.5	4.3
Alpacas.	3,517,000	95	5	0	23.8	5.2	0.5	3.5	24.3	5.2
Mulas / Asnos.	1,113,576	55	35	10	11.1	2.4	0.9	6.1	12.0	2.5
Caprinos.	2,092,000	39	60	1	10.5	2.3	0.3	2.2	10.8	2.3
Llama.	1,254,000	98	2	0	12.5	2.7	0.3	1.8	12.7	2.7
Otros**	26,282,343	50	40	10	7.1	1.5	2.2	15.9	9.3	2.0
					458.3	100.0	14	100.0	472	100.0

Estimación de la emisión de metano proveniente de fermentación entérica y manejo del estiércol

1.2 Trabajos previos

1.2.1 A nivel internacional

Rodríguez (2012, p.1) en su tesis: “Implementación y construcción de un biodigestor Hindú de estructura flexible con el aprovechamiento de las excretas de ganado vacuno, aplicado a la quinta experimental Punzara. Universidad Nacional de Loja, Ecuador”.

El proyecto de investigación soluciona un problema específico que es el cálculo, diseño y construcción de un biodigestor, de estructura flexible, y se aplica en pequeños y medianos establos de ganado vacuno, con el fin de aprovechar el excreta del ganado, y de esa manera obtener el biogás como combustible para labores de cocción

de alimentos, como también para ser utilizados como abonos orgánicos, que se revierte al cultivo, incrementando la productividad de los cultivos.

El periodo de retención, de acuerdo a los datos del diseño del biodigestor es de 45 días aproximadamente, y ello garantiza la producción normal de biogás, se monitoreó los parámetros, como temperatura, ambiente del lugar, el potencial de hidrógeno (PH), del sustrato en el interior del reactor.

El estudio tuvo como propósitos la Implementación de un biodigestor Hindú y la Construcción de un biodigestor Hindú

El autor llegó a las siguientes conclusiones:

- Con la investigación realizada se pudo construir un biodigestor Horizontal con mangas de polietileno y establecer un funcionamiento óptimo y seguro, con una producción de biogás de 0.73 m³ diarios equivalentes a 0.4745kg de Gas Licuado de Petróleo glp, que nos brinda 30 minutos de combustión en una cocina industrial de 1 quemador.
- En el sector Punzara, de acuerdo a las mediciones del monitoreo se logra una temperatura ambiente promedio de 16 °C la misma que no ofrece un buen ambiente para que se desarrolle el proceso de digestión anaeróbico de manera que exista una buena producción de biogás, para la solución de este inconveniente se adaptó el sistema en una fosa de adobe dentro de la tierra.
- Según lo monitoreado, se comprobó que la mezcla que la mejor potencial del hidrógeno (PH), se ingresó al biodigestor, que es de capacidad de 1 Kg de estiércol con 3 litros de agua, es decir la relación es de 3 litros de agua por cada kg de estiércol, sabiendo que la densidad del agua es 1kg es igual a 1 litro; sin embargo cuando el estiércol se presenta con poca humedad, la relación es

de 1 a 4, el cual arroja valores de PH igual a 7,6, el cual crea un ambiente adecuado para el cultivo de las bacterias.

- Se instaló una válvula de alivio, se hizo de manera artesanal, en la salida del biodigestor, y de esa manera se tiene el control de la presión interna, el cual está alrededor de los 100mm de columna de agua; ésta válvula deja salir el biogás y se disipa con el agua que contiene el recipiente. Durante 6 meses, ésta válvula de alivio funcionó correctamente, si presentar ningún problema de índole técnico.

González (2009), en su Tesis “Diseño De Un Biodigestor dentro de las Instalaciones de La Universidad Simón Bolívar”, Venezuela.

Problema:

La Universidad Simón Bolívar se encuentra ubicada en el Valle de Sartenejas, perteneciente al Municipio Baruta del estado Miranda. Su comunidad está representada por estudiantes de pregrado y postgrado, así como de profesores, obreros y personal administrativo los cuales constituyen un aproximado de 5000 personas, las cuales permanecen en la universidad por lo general entre las 6:30 a.m. y las 7:30 p.m.

El campus de la Universidad Simón Bolívar, está constituido de varios edificios, todos destinados a labores académicas y administrativas; así como también cuenta con laboratorios, y unidades de servicios diversos como comedor, electricidad, transporte del personal, que hace que el campus tenga una bonita apariencia, con la belleza de los jardines, y en algunos lugares zonas destinadas al cultivos de hortalizas, y plantas que son utilizadas por los estudiantes en su investigación.

El autor tiene como objetivos los siguientes:

Diseñar y construir un biodigestor de prueba para estudiar el comportamiento de los desechos orgánicos utilizados y los productos del biodigestor.

Estudiar la posibilidad de implementar un biodigestor en las instalaciones de la Universidad Simón Bolívar.

Diseñar un biodigestor de dimensiones apreciables para el uso masivo de los desechos orgánicos producidos en los comedores de la Universidad Simón Bolívar.

Se llegó a las siguientes conclusiones:

- El biodigestor de prueba está hecho con materiales de reciclaje y otros funcionó correctamente, debido al uso de la cinta de plomo y otros implementos se logró la hermeticidad adecuada para este tipo de proyectos.
- El uso de la levadura y el papelón aceleró el proceso de descomposición de los desechos orgánicos permitiendo la pronta aparición de los gases producto del proceso anaerobio.
- El diseño de un biodigestor para el consumo de los desechos orgánicos de la Universidad Simón Bolívar requiere tomar en cuenta varios factores económicos, ambientales y técnicos para que sea el más óptimo posible.
- Se recomienda hacer ajustes al biodigestor de prueba para los análisis de temperatura y PH semanalmente a la muestra para observar cómo evoluciona la descomposición de los desechos y el fertilizante obtenido.
- Se recomienda el uso de otros estimuladores de la actividad anaeróbica, como la cal y la urea para optimizar el tiempo de retención de los desechos orgánicos.

- Se recomienda adaptar el sifón aun sistema de campana flotante para optimizar el uso del gas producido y evitar posibles fugas por defecto de los globos.
- Se recomienda verificar en la bibliografía un plan de mantenimiento que permita al biodigestor funcionar eficientemente por tiempo prolongado.

Pérez (2010, p.10) en su Tesis “Estudio y Diseño de un Biodigestor para Aplicación en Pequeños Ganaderos y Lecheros”. Universidad de Chile.

Problema:

Los pequeños establos ganaderos y lecheros pueden solventar sus necesidades energéticas con tan solo generar un equipo técnico y económico viable

El tiempo de recuperación de la inversión es viable si existe una verificación y tener ayuda de los índices generales de entrega. Es posible generar energía eléctrica equivalente a 4,4 KWh con la ayuda de un grupo electrógeno si se emplea un total de 20 cabezas de ganado vacuno.

Es posible que con un mínimo de 44 cabezas de ganado vacuno generar energía en un periodo de 3, es posible ese tiempo donde la inversión se recupera (Perez, 2010,p.64).

El autor realizo los siguientes Objetivos:

Crear una instalación adecuada para un productor ganadero/lechero de un tamaño sustentable.

Los componentes primordiales de la instalación se deben efectuar un cálculo de diseño básico.

La factibilidad económica se debe evaluar en términos de que la inversión se recupere.

El autor llegó a las siguientes Conclusiones:

Se puede generar un equipo técnica y económicamente viable para solventar las necesidades energéticas de los pequeños ganaderos y lecheros.

El recolector conocido como biodigestor está expuesto al ambiente a través de instalaciones outdoor para así de alguna manera poder estudiar algunos métodos de disminución de costos y poder facilitar las instalaciones en la construcción.

En los estanques el utilizar acero para la baja presión sobrecargaría el costo de inversión de todo el proyecto, por ello se emplearan métodos de estudio para utilizar los materiales más económicos y sobre todo adecuados.

Diferentes diseños y tipos de instalación de biodigestores se conocen en la actualidad ya que su construcción del estanque sea horizontal o vertical dependiendo cual sea su configuración en su uso para la utilización.

La cantidad de 5 m³/h de biogás es producto de la biomasa del proyecto acordado por lo que si no se utiliza el flujo volumétrico, necesariamente se incorporaría una antorcha que libera el biogás excedente vía combustión de la misma.

El bio fertilizante acumulado por la generación va siempre de la mano con el manejo de residuos orgánicos que indica un nivel de sustrato de orden de 129 t/a la cual debe ser tratada por un control adecuado y de manera eficiente.

1.2.2 A nivel nacional

Cersso y Ortiz (2012, p.10) en su Tesis “Estudio De Pre-Factibilidad para la Recuperación y Producción de Energía en la Región Ica a través de un Sistema de Biogás”. Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, Perú.

Los digestores cumplen una función ecológica ideal: reciclar totalmente los desechos a un costo muy bajo, pero como contrapartida emite olores desagradables para quien no está acostumbrado al sistema.

Los rellenos sanitarios, tienen generalmente una ubicación periurbana y por lo tanto afectan tanto a los sectores urbanos, para los que son una necesidad sanitaria, como a los rurales.

Los afectan en ambos sentidos, positivo y negativo, ya que si no son adecuadamente controlados contaminan al medio ambiente donde se encuentran, pero al producir biogás se pueden constituir en polos de desarrollo industrial, agroindustrial o agrícola directamente.

Respecto a la realidad de nuestro país, los digestores anaerobios no son utilizados como un sistema de extracción de biogás, el proceso que se utiliza es sin mayores inversiones.

Las empresas sanitarias utilizan el vertedero, acumulan basura, por lo general la tapan con tierra y esperan el proceso de descomposición anaerobia, el cual solo se produce en una media del 50%, puesto que al no haber un tratamiento adecuado existe siempre la presencia de aire, lo cual inhibe a las bacterias metanogenas.

Salazar (2012, p. 1) en su tesis “Producción de biogás y biol a partir de excretas de ganado: experiencias en la ciudad de Tacna. Simposio peruano de energía solar y del ambiente, Puno.

En el sur del Perú, en la ciudad de Tacna, se ejecutó el proyecto de un biodigestor de uso familiar, con un volumen de 2 metros cúbicos, con manga de polietileno, las paredes construidas de adobe, acondicionado con una manta de sacos, y finalmente se revistió con un cobertor de color negro, lo que da la sensación de haber mayor temperatura; se alimenta el estiércol fresco de ganado ovino; éste proyecto abarcó el periodo de marzo a abril del 2011, siendo exclusivo el control del Potencial de Hidrógeno (PH), el registro de producción diaria del lodo, el registro de producción diario de biogás, la temperatura de la manga en las tres regiones, y por último la temperatura del ambiente.

El periodo de retención, en el inicio fue de 30 días, y luego de ese tiempo se produjo biogás de manera diaria, teniendo como volumen de producción promedio de 400 litros por día, con un rango de temperatura en el interior del biodigestor entre 30 y 40 grados centígrados, con variación de la temperatura ambiente entre los 20 y 30 grados centígrados, en los meses de verificación del proyecto. Además se realizó la cuantificación de la producción por día del biol, el cual fue de 40 litros por día en promedio, y finalmente se modificó una cocina de kerosene, para corroborar la utilidad del combustible, en éste caso el biogás.

También se realizó en la ciudad de Tacna, un estudio descriptivo acerca del uso de los biodigestores, en localidades como la yarada e ite, y la investigación arrojó que en Tacna, existe un predominio de los biodigestores chinos, con capacidades de 5 metros cúbicos, que datan de una antigüedad de 15 años, en el cual utilizan solo las excretas del ganado bovino.

Y se puede concluir que los biodigestores que se analizaron, el tiempo de operación oscila entre los tres años de antigüedad, siendo encontrados en mal estado, o en algunos casos destruidos,

Aquellos biodigestores estuvieron en operación alrededor de tres años en promedio y actualmente se encuentran destruidos o abandonados por sus respectivos usuarios por diferentes causas, siendo el más común la baja rentabilidad del negocio pecuario el cual a sido reemplazado por la agricultura y además, la falta de personal que se dedique al manejo y mantenimiento del biodigestor. Finalmente se difunde el trabajo de investigación realizada entre la población, demostrando las bondades del biogás y biol.

1.2.3 A nivel local

- **Cruz y Palacios (2014, p.10) en su Tesis Titulada “Plan de Negocio para la Venta, Instalación y Mantenimiento de Biodigestores para el Servicio de Energía y Gas para el Consumo Humano Autónomo en El Distrito de Pomalca – Chiclayo” Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.**
- En principio realiza un estudio del mercado, para optimizar la venta, la instalación y mantenimientos de los dispositivos generadores de biogás, que se utilizarán para el consumo propio; éste estudio concluye que la demanda es alta, teniendo como causa la explotación ganadera de la región Lambayeque. A ello se suma que en el Departamento de Lambayeque existen pocas empresas que se dedican a realizar éste tipo de servicio.
- En el Distrito de Pomalca, que está ubicado al lado este de Chiclayo, se ubica una empresa dedicada a la venta, instalación y mantenimiento de todos los dispositivos necesarios para la generación de biogás, es decir realizan la fabricación con materiales adecuados de biodigestores; dicha planta tiene un área de 180 m², con procesos definidos y con tecnología de la región y complementado con tecnologías que importa desde Europa.
- El mantenimiento para los biodigestores, se realiza cada 10 días, labores que incluyen la limpieza e inspección, ésta labor garantiza

el buen funcionamiento del equipo, debido básicamente a que existe obstrucciones en el interior, por la presencia de otro tipo de material aparte del estiércol, que de alguna manera ingresó al momento de la recolección del estiércol.

- En el capítulo V, se hizo el análisis económico y financiero de ésta propuesta, y en función a ello determinar la viabilidad del proyecto de inversión; se obtuvieron indicadores como TIR económico igual a 44% y el TIR Financiero igual a 57%, el VAN económico es de 466,346 Nuevos Soles y el VAN Financiero 640,371. Dichos indicadores propician que la ejecución de éste proyecto, debe ejecutarse.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Biogás

“La diferencia entre el gas natural utilizado para uso industrial y uso doméstico radica en la cantidad de metano, siendo 97 y 70% respectivamente, eso hace que los poderes caloríficos sean diferentes, y por ende el precio” (López, 2010, p.2).

“El biogás, que es el resultado de la descomposición de restos orgánicos, es un combustible con poder calorífico aprovechable para ser utilizado en procesos como calefacción, cocción de alimentos, y múltiples aplicaciones” (Salazar, 2012, p.1).

Tabla 2

Salazar	Composición	55-70% metano
		30-45% Dióxido de carbono
		Trazas de otros elemento
	Energía contenida	6,0 – 6,5 Kwh./m ³
	Equivalente en combustible	0,6 – 0,65 L _{petróleo} /m ³ biogás
	Limite de explosión	6 - 12 % biogás en el aire
	Temperatura de ignición	650 - 750 ° C (según metano contenido indicado)
	Presión crítica	75 89 bares.
	Temperatura crítica	-82.5° C
	Densidad normal	1,2 Kg./m ³
	Olor	Huevos en mal estado
	Masa molar	16,043 Kg./kmol

Características del Biogás a partir de la excreta del ganado vacuno

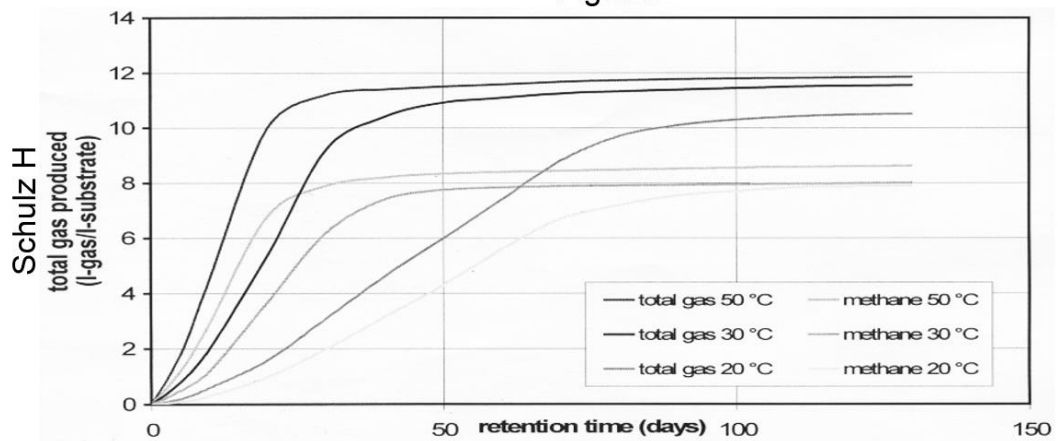
Tabla 3

Campos	Nivel de presión	Presión [bar.]	Diámetro de tubería [mm]	Flujo [M/s]
	Baja presión	<0,03	[50 - 60]	[0,5 - 3,5]
	Baja presión	[0,03 - 0,1]	[50 - 60]	[1 - 10]
	Media Presión	[0,1 - 1]	[100 - 400]	[7 -18]
	Alta presión	[1 -16]	[300 - 600]	<20
	Alta presión	[40 - 120]	[400 - 1600]	<20

Niveles de presiones en Biodigestores

El gas natural cuando combustiona con el oxígeno del aire, tiene en el metano su principal comburente, debido a los cuatro hidrógenos que tiene por cada molécula de carbono, por lo tanto los productos de la combustión tienen 40% menos de producción de dióxido de carbono. Es preciso saber que el dióxido de carbono es el responsable del 65% del efecto invernadero, y al metano en un 19%. (Bustamante, 2014, p.8).

Figura 2



Producción de gas a partir de la degradación de materia orgánica sometida a diferentes temperaturas.

Tabla 4

Campos	Gas	Fórmula Química	Volumen (%)
	Metano	CH ₄	60-70
	Dióxido de carbono	CO ₂	30- 40
	Hidrógeno	H ₂	1.0
	Nitrógeno	N ₂	0.5
	Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S	0.1
	Oxígeno	O ₂	0.1
	Monóxido de carbono	CO	0.1

Composición del biogás.

“El metano, es un combustible que tiene características similares a los demás gases, en cuanto a la forma de la combustión, pero no es comparable con el poder calorífico, que es un valor intrínseco del gas” (Constanza y Riveros, 2013, p. 10).

El estiércol, es idóneo, para ser utilizado como materia prima para abonos naturales, y esto gracias al proceso químico que se desarrolla, denominada digestión anaeróbica, que es cuando elimina los fuertes olores y evita la propagación de insectos y moscas. (Constanza y Riveros, 2013, p. 10)

El biogás que se genera en el biodigestor, puede ser utilizado en los motores de combustión interna, es decir los de compresión y de chispa, quienes generan energía mecánica

en un eje, para luego transformarse en energía eléctrica en un generador eléctrico, y en el caso de los motores diésel, el biogás puede reemplazar hasta en un 80% el combustible.

En el caso de los motores a gasolina o de chispa, el biogás puede reemplazar el 100% del combustible, sin embargo en los proyectos energéticos en el sector agrícola pecuario, se prefiere utilizar los motores diésel, debido a su consistencia y estructura, y siendo uno de los más usados en éste sector de la producción. (Castell, 2008, p.87)

1.3.2 El biogás como combustible para cocina

“En el proceso de digestión denominado digestión anaeróbica, valores superiores al 90 por ciento de la energía disponible mediante oxidación se transforma en el gas metano, consumiéndose sólo un 10% de la energía en crecimiento bacteriano” (Castells págs. 101-102).

“Los microorganismos, como es el metano génico, desempeñan una función específica como enzimas respiratorios, en conjunto con las bacterias no metano génicas, que guarda relación con las cadenas enzimáticas de células aeróbicas” (Castells págs. 101-102)

1.3.3 El biodigestor

“El biogás, se origina en el proceso de fermentación o digestión anaerobia, es decir en ausencia del oxígeno, a través de la putrefacción de la parte orgánica de los residuos que vienen hacer las excretas de ganado” (Constanza y Riveros, 2013, p. 9).

Es un recipiente totalmente cerrado, con mucha hermeticidad, donde el estiércol del ganado vacuno, como también de otro tipo de ganado, que son desechos orgánicos, sufren un proceso de fermentación, por intermedio de las bacterias y los microorganismos anaeróbicos, que finalmente lo transforman en biogás, con

un alto poder calorífico, y con productos de la combustión que contaminan el medio ambiente, con menor grado que los combustibles derivados del petróleo. (Renovables, 2011)

1.3.4 Características básicas de un sistema de biodigestión

“Un biodigestor es un mecanismo, que se encarga en un ambiente propicio, la descomposición de la materia orgánica sin presencia de oxígeno, por lo cual se le denominan digestión anaeróbica” (Acevedo, 2012, p. 5).

“Esta descomposición se produce por bacterias que habitan en el interior del biodigestor y proceden principalmente del estiércol fresco, las cuales se alimentan de la materia orgánica produciendo como sub productos biogás y fertilizantes llamados biol y biosol”. (Ministerio De Agricultura del Perú, 2011, p.5).

1.3.5 Tipos de biodigestores

“Sistema discontinuo, conocidos también como de carga fija ya que se carga sólo una vez en forma total y luego se cierra herméticamente por unos 20 o 50 días, donde se descarga después que deje de producir gas” (Schlaefli, 2010, p.2).

“El modelo tipo Batch es el más conocido de este sistema. Sistema semicontinuo, son pequeños o de mediana escala, de uso urbano o rural. Presenta buena eficiencia de producción de biogás diaria” (Schlaefli, 2010, p.3).

Los principales tipos de biodigestores, son el tipo Hindú, y el denominado tipo chino, existiendo otro que es de bajo costo y muy utilizado en el sector rural, denominado tipo manga de polietileno. El sistema continuo en el biodigestor garantiza que la biomasa en el interior del recipiente, tenga un flujo constante. Interiormente tienen

un sistema de agitación que permite la remoción constante del estiércol de ganado vacuno, que finalmente se transformará en biogás (Schlaefli, 2010, p.4).

Tabla 5

Aspectos o Variables	Biodigestor de placa fija (Chino)	Biodigestor de cúpula móvil (Indio)	Biodigestor tubular continuo (Polietileno)
Económico	Alto costo debido a los materiales de construcción y obra especializada. Alto riesgo de fisuras, que incide en aumento de costos.	Alta inversión por cúpulas metálicas y materiales de construcción. Alto costo en transporte e instalación de la cúpula	Baja inversión inicial, puede emplearse material de reciclaje.
Construcción	Requiere mano de obra especializada de construcción. Se construye en el sitio	Requiere mano de obra especializada de construcción y metalúrgica. La cúpula se construye en talleres y se ensambla en el sitio	Lo puede instalar cualquier persona que se capacite. Se construye y ensambla in situ
Personal para la construcción	Albañil experto y ayudantes	Se requiere más de dos personas, sobre todo para la colocación de la cúpula.	Se requieren únicamente dos personas
Transporte	Se requiere de transporte de materiales para construcción (arena, bloques, cemento, entre otros)	Se requiere una grúa para el transporte y colocación de la cúpula	Los accesorios y materiales se pueden transportar en una caja con facilidad

Chávez

Principales tipos de biodigestores

La energía fotovoltaica

“La radiación solar es la energía emitida por el sol en forma de ondas electromagnéticas, la radiación que recibimos del sol se divide en luz visible, rayos infrarrojos y rayos ultravioletas las cuales son invisibles para el ojo humano” (Gonzales, 2013, p.4).

“Un sistema fotovoltaico es un dispositivo que, a partir de la radiación solar, produce energía eléctrica para ser aprovechada por el hombre. La energía generada por placas fotovoltaicas se utiliza, para accionar cargas eléctricas” (Pinos, 2012, p.12).

La forma de energía que posee el sol es energía nuclear interna, que se transforma mediante procesos de fusión, en esta transformación emite sin cesar energía radiante o radiación. El aprovechamiento de la radiación solar mediante su conversión directa en energía, requiere una tecnología relativamente simple, como es el proceso de fotosíntesis. (Risol, 1 999, p.23)

En la figura 3, se muestra los componentes del sistema fotovoltaicos, que son el panel solar, el controlador de carga, el inversor, la batería y los consumidores de energía” (Villanueva, 2009, p.13).



“Las Celdas Fotovoltaicas son Dispositivos electrónico que permite transformar la energía luminosa (fotones) en energía eléctrica (electrones) mediante el efecto fotovoltaico. Es también llamada fotocelda o celda fotovoltaica” (Ecured, 2016).

“Las celdas fotovoltaicas son semiconductores sensibles a la luz solar los cuales cuando se exponen a esta clase de radiación producen una circulación de corriente eléctrica entre sus dos caras por la generación de una pequeña diferencia de potencial” (Arenas y Oviedo, 2009, p. 8).

Figura 4



Arenas y Oviedo.

Panel Solar modo cristalino

“El principio de funcionamiento de los paneles fotovoltaicos se basa en el efecto fotovoltaico o efecto fotoeléctrico, mediante la captación de fotones provenientes de la luz solar” (Pérez, 2009, p. 71),

“Un inversor fotovoltaico es un convertidor que transforma la energía de corriente continua procedente del generador fotovoltaico en corriente alterna” (Pérez, 2009, p.76).

Con respecto a la configuración del sistema, se suelen distinguir entre: inversores centrales, inversores en cadena (string) e inversores modulares (AC módulos). Asimismo, con respecto al número de etapas, se pueden distribuir entre los inversores de una etapa, de dos etapas y multietapas. (Prezi, 2014, p.12)

Leyes de la termodinámica.

“Establece la primera ley que el trabajo que se necesita para cambiar el estado de un sistema aislado, es función de los estados inicial y el estado final, y no depende del método usado para generar el cambio” (Termodinámica Aplicada, 2014, p.232).

La primera ley se expresa numéricamente:

$$\Delta E = Q + W.$$

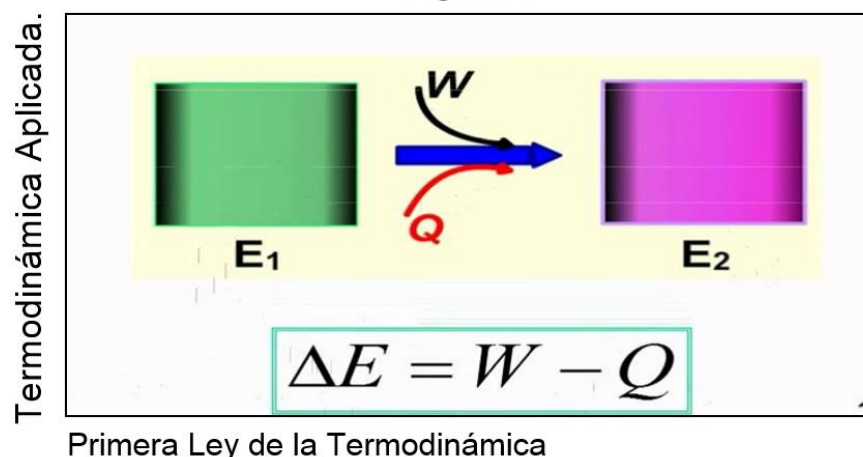
Donde.

ΔE : Variación de la energía interna (KJ).

Q: Calor cedido o ganado (KJ).

W: Trabajo que realiza el sistema (en KJ)

Figura 5



“La cantidad de calor Q absorbido por un sistema es el cambio en su energía interna que no se debe al trabajo” (Campos, 2012, p.23).

Figura 6

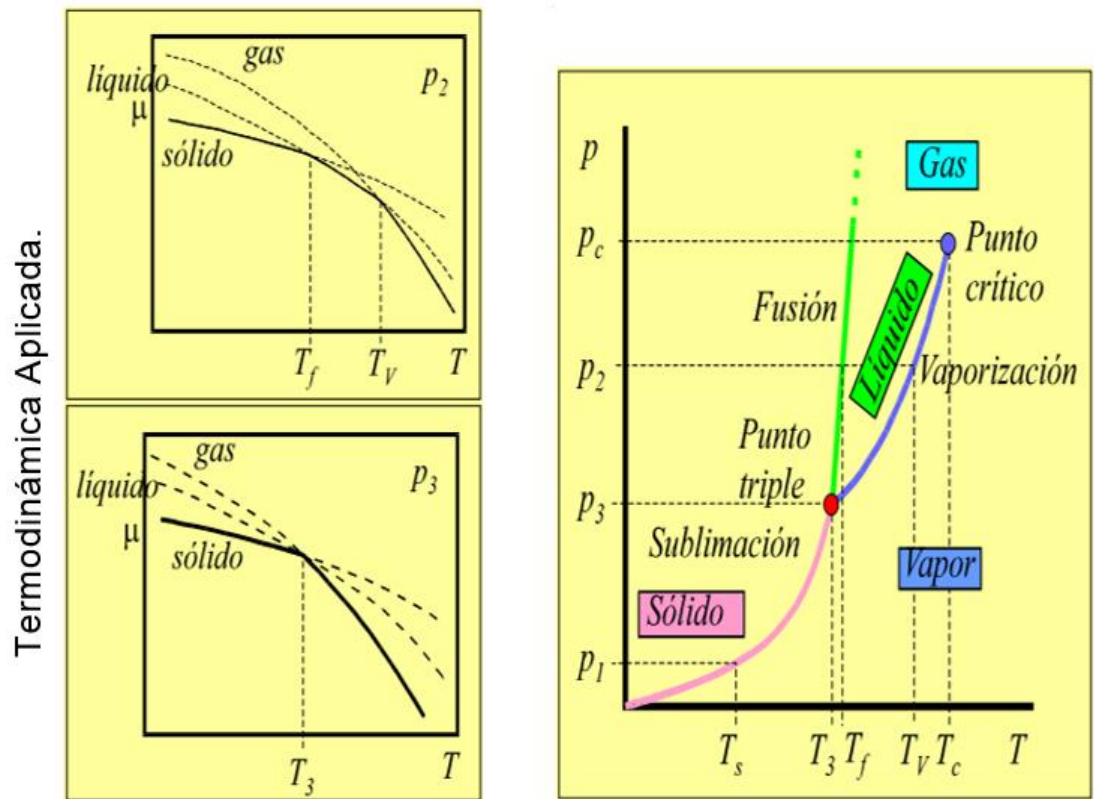
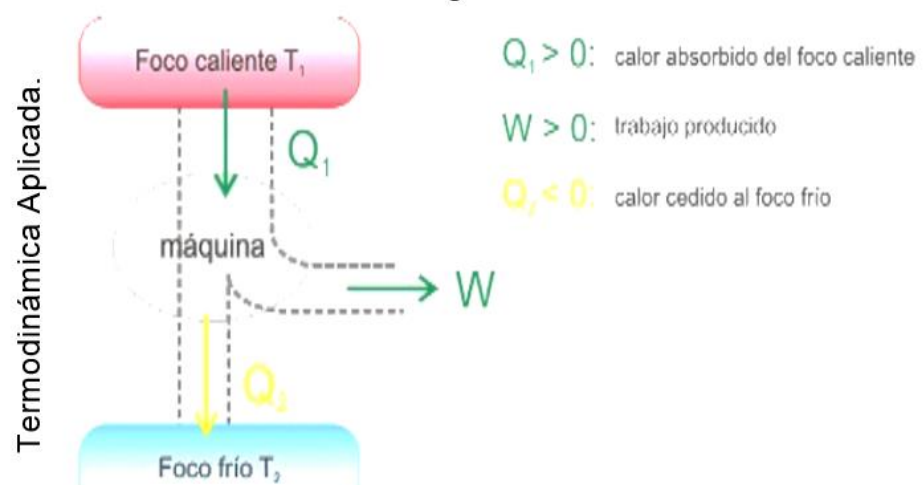


Diagrama de fases de las sustancias puras.

La segunda ley de la termodinámica establece que No hay ninguna transformación termodinámica cuyo único efecto sea transferir calor de un foco frío a otro caliente. (Termodinámica Aplicada, 2014, p.232).

Figura 7



Expresión de la segunda Ley de la Termodinámica

Convección de calor.

“La convección es el mecanismo de transferencia de calor por movimiento de masa o circulación dentro de la sustancia” (Campos, 2012, p.121).

Un modelo de transferencia de calor H por convección, llamado ley de enfriamiento de Newton, es el siguiente: $H = h A (T_A - T)$; donde h se llama coeficiente de convección, en $W/(m^2 K)$, A es la superficie que entrega calor con una temperatura T_A al fluido adyacente, que se encuentra a una temperatura T . (Ruiz, 2011, p.111)

Ley de enfriamiento de Newton para la convección.

$$q_c = \bar{h}_c A (T_s - T_{f,\infty})$$

Donde								
h_c :	Conductancia convectiva térmica unitaria							
A	área superficial en contacto con el fluido en m^2							
T_s	Temperatura de la superficie, K							
$T_{f,\infty}$	Temperatura del fluido no perturbado lejos de la superficie transmisora del calor							

Transferencia de calor por radiación.

“Por radiación la energía se transporta en forma de ondas electromagnéticas que se propagan a la velocidad de la luz. La radiación electromagnética que se considera aquí es la radiación térmica” (Mendoza, 2012, p.112).

La cantidad de energía que abandona una superficie en forma de calor radiante depende de la temperatura absoluta y de la naturaleza de la superficie. Un radiador perfecto o cuerpo negro emite una cantidad de energía radiante de su superficie por unidad de tiempo q_r dada por la ecuación. (Mendoza, 2012, p.112)

Formulación matemática de la radiación

$$q_r = \sigma AT^4$$

σ es la constante de Stefan- Boltzmann $\sigma = 5.67 * 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$

“Para evaluar la transferencia neta de energía radiante requiere una diferencia en la temperatura superficial de dos o más cuerpos entre los cuales tiene lugar el intercambio” (Mendoza, 2012, p.112).

$$q_r = \sigma A_1 (T_1^4 - T_2^4)$$

Dónde:

T₁: Temperatura del cuerpo negro en Kelvin

T₂: Temperatura superficial del recinto en Kelvin

1.4 Formulación del problema

¿Cómo influye el diseño de un Biodigestor con energía fotovoltaica para generar gas metano de uso doméstico, establo San Antonio - Monsefú?

1.5 Justificación del estudio

1.5.1 Justificación técnica

El uso de la energía solar para accionar los mecanismos del biodigestor, se justifica porque existen mecanismos capaces de transformar la energía del sol en energía mecánica, mediante un motor eléctrico con reducción que a su vez mueve un eje, donde están acoplados unos álabes que remover el estiércol que esta almacena en el tanque. El potencial de energía solar que existe en Monsefú, se puede aprovechar si se utilizan dispositivos con alta eficiencia.

1.5.2 Justificación económica

El ahorro del consumo de combustible, es principal beneficio si se utiliza energía solar, debido a que actualmente utilizan combustibles que tienen un valor alto (GLP), por lo cual si se genera metano a bajo

costos, se justifica la ejecución de éste proyecto. Normalmente cada usuario consume entre 1 a 2 balones de GLP por mes que equivalen a 5 Nuevos Soles, los cuales pueden ser reemplazados si se utiliza la energía del biogás.

1.5.3 Justificación social

El presente trabajo de investigación será de mucho utilidad para la sociedad especialmente al sector ganadero al tener conocimiento de lo aprovechable que es el estiércol de su ganado vacuno y mediante procesos anaeróbicos se producirá gas metano, la cual se utilizara para en sus actividades cotidianas como por ejemplo en la cocina, electricidad, calefacción y otros, trayendo como consiguiente una mejor calidad y comodidad de vida de la sociedad.

1.5.4 Justificación ambiental

El propósito de este trabajo de investigación nace con la necesidad de reducir la contaminación ambiental y tener una mejor visión de la utilidad y beneficio de este tipo de fuente de energía alternativa manteniendo el equilibrio ambiental. Además si se genera el biogás, las emisiones de gases de escape en los generadores diésel disminuirán porque, este tipo de energía eléctrica a partir del petróleo se reduce.

1.6 Hipótesis

Con el diseño de un biodigestor con energía fotovoltaica se logra generar gas metano de uso doméstico en el establo San Antonio – Monsefú.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

Diseñar un biodigestor con energía fotovoltaica para generar gas metano de uso doméstico en el establo San Antonio – Monsefú 2016.

1.7.2 Objetivo específicos

- Realizar un estudio de producción del estiércol de ganado vacuno del Establo San Antonio – Monsefú
- Realizar el estudio de niveles de radiación que se presenta en la zona.
- Diseñar las dimensiones del biodigestor y sistema fotovoltaico para el movimiento y acelerar la fermentación del residuo orgánico.
- Realizar la evaluación técnica y económica del diseño del biodigestor con energía fotovoltaica.

II. METODO

2.1 Diseño de investigación

No experimental

2.2 Variables de Operacionalización

2.2.1 Variable independiente

Diseño de un Biodigestor con energía fotovoltaica.

2.2.2 Variable dependiente

Gas metano de uso doméstico.

Cuadro de Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala de medición
<u>Independiente</u> Diseño de un biodigestor con energía fotovoltaica	El diseño de un biodigestor que utiliza energía solar, consiste en determinar los mecanismos que son accionados con energía solar, para generar metano; cubre el diseño mecánico del biodigestor como su accionamiento con energía solar. (García, 2011, p.3).	El diseño del biodigestor abarca el diseño de los componentes mecánicos de acuerdo a las leyes de la mecánica clásica, como también de la termodinámica y la mecánica de los fluidos.	Energía Mecánica. Energía Eléctrica. Energía Térmica	<ul style="list-style-type: none"> - Relación de transmisión - Capacidad de biodigestores - Poder calorífico - Radiación solar. - Tensión. - Corriente eléctrica. - Potencia eléctrica. - Rpm - Torque. - Potencia Mecánica 	Guía de Observación.	Razón o proporción
<u>Dependiente:</u> Gas metano de uso doméstico.	La generación del biogás es un proceso en el cual se produce metano a partir del estiércol del ganado vacuno, a una presión y temperatura que pueden ser utilizados en una cocina de uso doméstico (Pérez, 2013, p.32)	Para la determinación de la cantidad de metano en el biodigestor, es necesario establecer los parámetros de utilización del biogás, es decir a una presión y temperatura adecuada.	Flujo de Biogás. Energía Térmica	<ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de estiércol. - Cantidad de biogás - Temperatura. - Caudal 	Guía de Observación. Entrevista	Razón o proporción.

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

La población la constituye la cantidad de estiércol producido en un día, alrededor de ½ Tonelada métrica por día.

2.3.2 Muestra

La muestra, objeto de estudio considerado en la actual investigación es igual a la población.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.4.1 Técnicas

Observación

Este tipo de técnica nos permitirá realizar una inspección visual en lo referente a la cantidad de excreta de ganado vacuno y así poder evaluar el potencial de éste para la generación de metano, para generar metano de uso doméstico, esta información es muy importante para realizar la propuesta de acuerdo al estudio realizado.

Análisis de documentos

Para desarrollar esta técnica buscaremos la información en libros actualizados con relación al tema de investigación, también analizar los diferentes trabajos realizados en revistas, manuales, fichas técnicas, publicaciones por fabricantes, publicaciones en distintas páginas confiables de internet (por ejemplo página de MINEM)

Validez

La validación del siguiente proyecto de investigación se haría mediante el criterio de un jurado por la cual el presente diseño de un biodigestor utilizando energía solar, para generar metano de uso doméstico será revisado por especialistas en el tema para lo cual concierne a la interpretación correcta y cuidado exhaustivo del proceso metodológico de los resultados que obtendremos en el estudio.

2.4.2 Instrumentos de recolección de datos

- Ficha de recolección de datos.
- Guía de Observación.

2.4.3 Validez y confiabilidad de los instrumentos

La validez de este proyecto (instrumentos) de investigación está orientada a la interpretación correcta y al cuidado del proceso metodológico de los resultados que obtendremos en el estudio del tema científico en este caso el diseño del biodigestor utilizando energía solar. No se alterará los datos, y en el caso de no contar con dicha información se podría proyectar la información.

2.5 Métodos de análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizará la estadística descriptiva, la cual sirve para analizar el comportamiento de una variable en el diseño del biodigestor utilizando energía solar, para generar metano de uso doméstico, donde se aplicara: La media, el promedio, valores máximos y mínimos.

2.5.1 Aspectos éticos

El trabajo de investigación que se desarrollará estará enmarcado en la línea ética, es decir los datos, variables, cualidades y otros, no

serán adulterados; ésta situación es bajo responsabilidad del suscrito.

III.RESULTADOS

3.1 Realizar un estudio de producción del estiércol de ganado vacuno del establo San Antonio - Monsefú

Para la cuantificación de la cantidad de estiércol de ganado vacuno que se produce en el establo, se ha realizado con el apoyo del personal que labora en dicho lugar; para lo cual se estableció una forma de medir la cantidad diaria de estiércol que se produce y que actualmente es trasladada hacia un lugar adyacente para su posterior disposición final.

La cantidad de ganado vacuno, con la que cuenta actualmente el establo, se muestra en la tabla N°6, dividiendo las cabezas de ganado según peso.

Tabla 6

Establo San Antonio - Chiclayo	Ganado Vacuno	Nº	Peso Promedio (Kg)
	Vacas Lecheras	3	430
		3	420
		3	450
		7	480
		5	450
		7	490
		8	440
	Vacas en Reproducción	5	510
		4	520
		7	490
	Terneros	2	230
		5	210
		7	200
	Toros	1	530
		2	540
	Novillas	5	180
		7	170
		5	190
	Total Cabezas	86	

Ganado vacuno en establo San Antonio – Chiclayo.

La cantidad de estiércol que se ha medido, es diario, es decir cada día se midió la cantidad en peso de estiércol que se produce. Con el instrumento de recolección de datos, se recopiló la información, de 10 días del mes de Octubre del 2016, y se muestra en la tabla N° 7

Tabla 7

Nº Días	Peso Día	al Peso días	por 10	Peso Diario	Promedio
	Kg/Día	Kg/10 días		Kg/Día	
1	452				
2	450				
3	465				
4	459				
5	460				
6	445	4520		452	
7	443				
8	449				
9	446				
10	451				

Elaboración propia.

Cantidad de estiércol de vacuno recolectado en establo.

3.2 Realizar el estudio de niveles de radiación que se presenta en la zona

Para conocer los niveles de radiación solar en el establo, se realizó las mediciones de los mismos, para lo cual fue necesario realizar un protocolo de mediciones, el cual estipula:

Hora de Medición: 09.00 - 15.00 horas.

Numero de lecturas: 03 lecturas cada 1 hora.

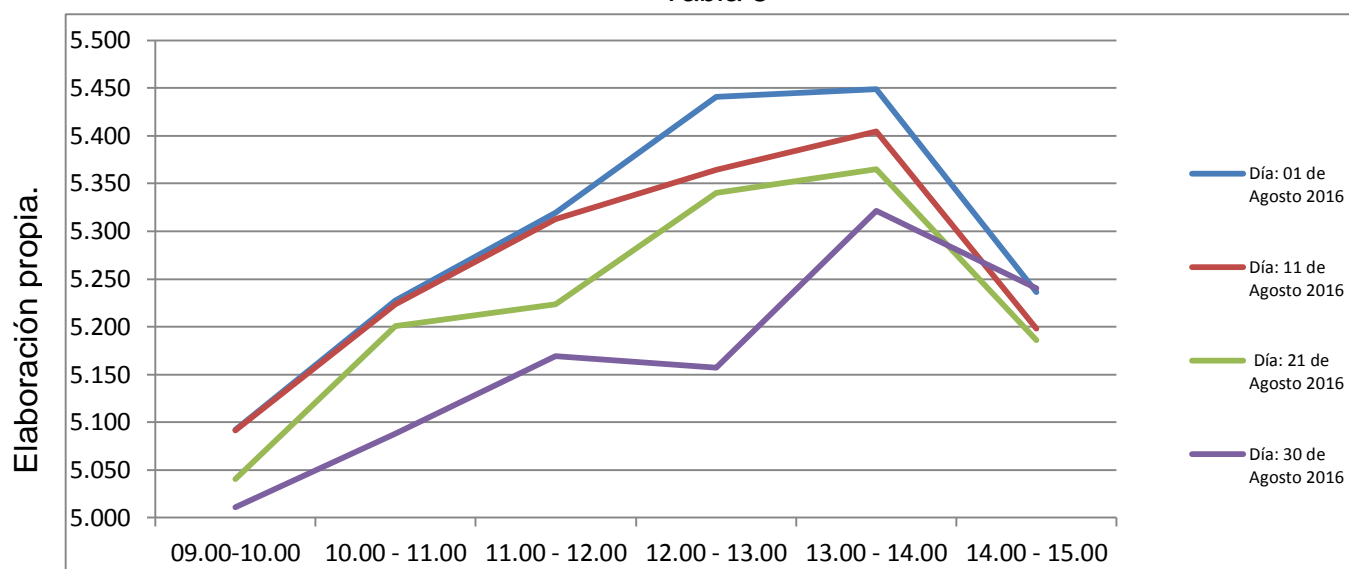
Días de lectura: 08 días.

11/21/30 Agosto

12/22/30 Septiembre

Instrumento de medición: Solarímetro.

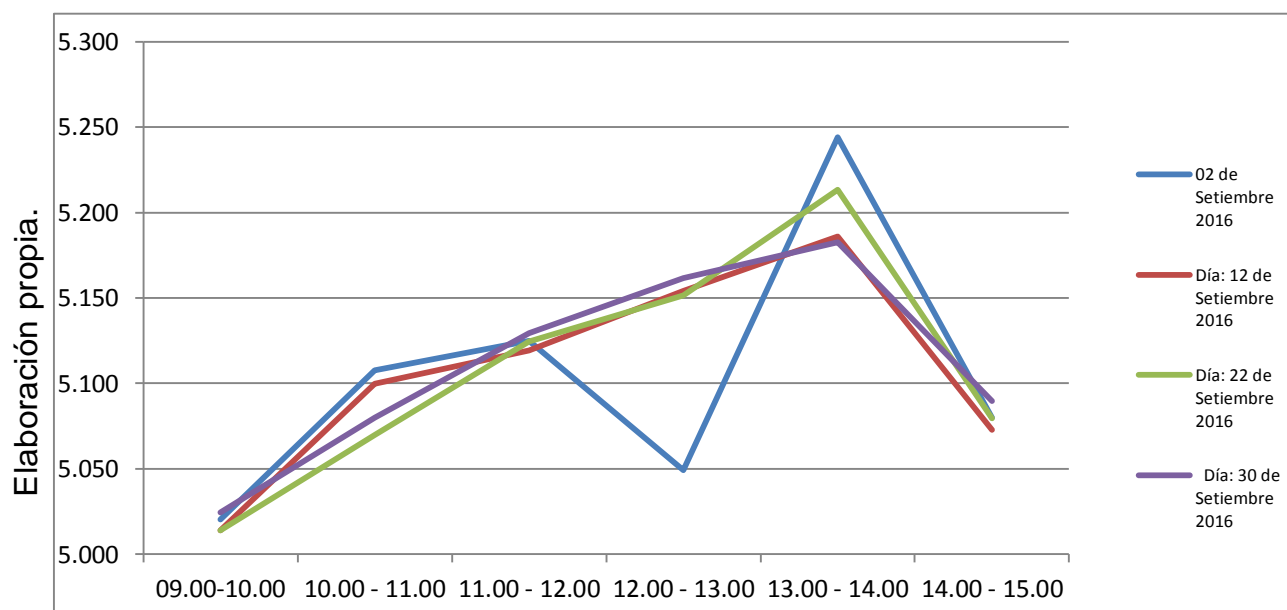
Tabla 8



Tendencia de los Niveles de radiación solar (KW-H/m2) en 4 días del mes de Agosto 2016

En la tabla N° 7, se observa que durante los días del mes de Agosto en el cual se realizaron las mediciones, existe un incremento en el nivel de radiación solar, a partir de las 11.00 hasta las 14.00 horas, comenzando a disminuir a partir de las 15.00 horas. La tendencia es la misma en todos los días, donde se observa una disminución a partir de las 15.00 horas.

Tabla 9



Tendencia de los Niveles de radiación solar (KW-H/m2) en 4 días del mes de Septiembre 2016

En la tabla N° 8, se observa que durante los días del mes de setiembre en el cual se realizaron las mediciones, existe un incremento en el nivel de radiación solar, a partir de las 11.00 hasta las 14.00 horas, comenzando a disminuir a partir de las 15.00 horas.

La tendencia es la misma en todos los días excepto el día 02 de setiembre, donde se observa una disminución a las 15.00 horas.

3.3 Diseñar las dimensiones del biodigestor y sistema fotovoltaico para el movimiento y acelerar la fermentación del residuo orgánico

En principio, se debe tener en cuenta, conocimientos previos que son de significativa importancia, para el diseño del biodigestor, y que en los cuadros siguientes se analiza con detalle:

Demanda de energía

En el establo San Antonio, existen dos fuentes de energía para realizar las labores de cocción de alimentos, y están de la leña y del GLP; ambos combustibles se adquieren en el mercado de la zona, a precios relativamente elevados.

En el caso del uso del GLP, en el establo lo adquieren 3 balones de 10,5 Kg, a un precio de S/. 36.00 Nuevos Soles cada uno, totalizando S/. 108.00 Nuevos Soles; y en el caso de la leña, lo adquieren comprando y talando sus propios árboles, que es una actividad prohibida porque atenta contra la flora de la localidad.

El poder calorífico del GLP es de 10.938 Kcal/Kg, equivalente a 45,76 KJ/Kg, es decir que en un mes, el requerimiento de energía en el establo para la labores de cocción de alimentos es de 1441 KJ.

Cantidad de biogás en el establo

En el ítem 3.3.1. Se determinó que la cantidad de energía para la cocción de alimentos es de 1441 KJ, en un mes, ello quiere decir que en la misma

proporción se requiere energía del metano que está presente en el biogás que proviene del estiércol del ganado vacuno.

Cantidad de Unidades Animal para cumplir requerimientos:

Para contar con conocimientos, se llevara a cabo el cálculo de la cantidad de animales necesarias para lograr cubrir los 1441 KJ de energía en el biogás por día que es la energía total diaria del rancho.

Se debe conocer que se podrá recoger el 50% del estiércol producido al día debido al tiempo de estabulación del ganado.

$$MPC = PB / (SO * P)$$

Donde:

MPC: Materia prima para cargar, Kilogramos por día

PB: Producción Biogás, metros cúbicos de gas por día.

SO: Sólidos Orgánicos, %.

Para la determinación de la cantidad de ganado vacuno que se requiere para abastecer al establo San Antonio con 1441 KJ de energía, se determina, sabiendo que cada vaca tiene un excreto diario de aproximadamente de 5,23 Kilogramos, el cual mediante un proceso anaeróbico puede generar 80 KJ de gas metano, por lo tanto, la cantidad de vacas que se requiere son:

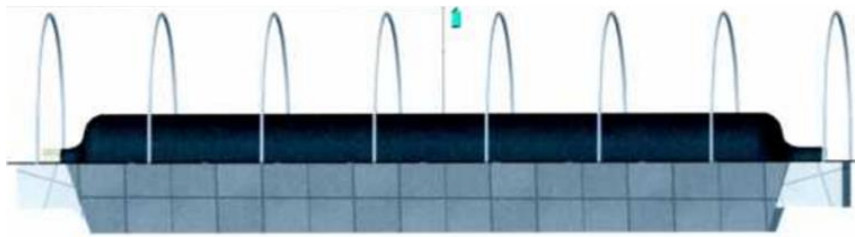
$$NA = \text{Energía para cocción} / \text{Energía de cada excreta de la vaca}$$

Reemplazando valores, obtenemos el valor de $NA = 1441 / 80 = 18,01$.

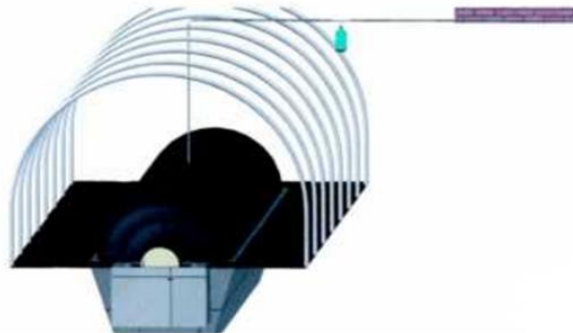
Por lo cual el número de vacas que se requiere en el establo San Antonio es de 18 vacas, que generan una excreta de 1441 KJ.

Es decir al día se requieren $5,23 \text{ Kg} \times 18 = 94,14 \text{ Kg}$ de Estiércol, y que será el volumen del biodigestor, pero para efectos de diseño, el biodigestor será de 100 Kg de estiércol.

Figura 8



Autoría Propia



Geometría del Cilindro de Biodigestor

Dimensiones del biodigestor

Para la determinación de las dimensiones del biodigestor, se realiza teniendo en cuenta la densidad del estiércol que es de 2,15 Kg/dm³; ello quiere decir, que el volumen que ocupa 100 Kg de estiércol es de 46,51 dm³, o 46,51 Litros de volumen; sin embargo ésta material ocupa el 40% del volumen total, debido a que el 60% de volumen lo ocupa el gas metano proveniente de la fermentación del estiércol.

Ello quiere decir que el volumen total del biodigestor será de 116 litros.

Considerando la geometría de un cilindro, el volumen del cilindro es:

$$V_c = ((\pi \cdot D^2) / 4) \cdot L$$

Dónde:

V_c: Volumen del cilindro en Litros.

D: Diámetro del cilindro en dm.

L: Longitud del cilindro en dm.

Si consideramos una longitud de 1.40m, el diámetro será de 45,93 cm.

Determinación del espesor del biodigestor

Para la determinación del espesor de la plancha del biodigestor, ésta se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$e_d = \frac{\rho(H-1) \cdot d}{144 \cdot 2 \cdot S_d \cdot E} + c$$

Dónde:

ed = Espesor de diseño [in]

et = Espesor hidrostático [in]

d = Diámetro nominal del tanque [in],

d = 98 [in]

c = Corrosión permitida [in],

c = 1/16 [in]

Sd :=Esfuerzo de diseño permisible [psi],

Sd :=15000 [psi]

St :=Esfuerzo hidrostático permisible [psi], St :=17500 [psi]

E = Eficiencia de la junta [20], E=0,8

Reemplazando valores obtenemos un diámetro de 2,9mm, por lo que seleccionamos una plancha de 1/8".

El material adecuado para el biodigestor será de plancha 1/8" galvanizada, con estructura de ángulos de 1/2" x 1/2" x 1/16"

Tiene en su parte superior una boca de carga con tapa a rosca de 7,5 cm de diámetro y una salida de 1 cm donde se coloca el manómetro de aguja de 0-1 kg/cm² y otra salida también de 1 cm donde se encuentra una válvula para salida de gases.

En su lateral tiene colocada una válvula de descarga de líquidos a 18 cm del suelo. Esta válvula se utiliza cuando se quiere desagotar el digestor y también cuando se quiere tomar una muestra de líquido para medir pH, densidad, etc.

El gasómetro, recipiente donde se almacena el gas que se va generando, es un recipiente de vidrio invertido colocado dentro de una camisa de agua que cumple las funciones de sello hidráulico. El recipiente de vidrio tiene un diámetro interno de 24 cm y una altura de 36,8 cm, lo que da una capacidad de 16,5 litros.

Cargas a resistir del biodigestor

El dispositivo resistirá la mitad de la carga de purines más el peso del tambor equivalente a:

$$CT = C1 + C2 + C3 + C4$$

Donde:

CT = Carga Total [kg]

C1 = Carga generada por los purines contenidos en el manto cilíndrico [kg]

C2 = Carga generada por los purines contenidos en los cabezales [kg]

C3 = Carga generada por el manto [kg]

C4 = Carga generada por los cabezales [kg]

Reemplazando valores, teniendo en cuenta las densidades del estiércol, del acero y el agua, se tiene las siguientes cargas. Reemplazando tenemos $CT = 1200$ [Kg]

Tabla 10

Parámetro	Valor [t]
C_1	50,5
C_2	2,37
C_3	4
C_4	0,39
C_t	57,2

Elaboración propia.

Peso total del biodigestor

Calculo de tuberías

La velocidad del flujo másico recomendada debe ser de 10 [m/s], se tiene que el diámetro de la tubería de descarga D es:

$$D_{\text{desc}} = \sqrt{\frac{V_{T2}}{v_{d2}} \cdot \frac{4}{\pi}}$$

Donde:

D = Diámetro de tuberías [cm]

VT = Flujo volumétrico considerado 49[m³]

Tdt := Tiempo de descarga del estanque 0,5[hr]

Vdt := Velocidad del flujo másico 10 [m/s] 1 metro de 8,3 cm; si seleccionamos en el manual de fabricante de tubería, corresponde un valor de 3,5"

Espesor mínimo de tuberías

La tubería corresponde a un mínimo espesor que soporta la presión de operación, los estándares de tuberías requieren materiales ASTM A-53, por lo que el espesor mínimo de la tubería queda definitivo por:

$$e_{\min} = \frac{PN \cdot D}{2\sigma_s + PN} = 0.03[mm]$$

Donde:

e_{min} := Espesor mínimo de la tubería [mm]

P_N := Presión nominal de operación [MPa],

P_N := 0,1 [MPa]

D := Diámetro externo de la tubería [mm],

D := 150 [mm]

s := Tensión de diseño [MPa],

σ_s := 294 [MPa]

Reemplazando obtenemos un espesor de la plancha con los que están fabricados los tubos para que soporten la presión de 0,1 MPa.

Calculo del agitador

La completa homogenización de sustrato es posible gracias al agitador ya que permite su óptimo funcionamiento en la etapa de metanogénesis, se tiene en cuenta que para uso doméstico el funcionamiento debe ser de 5 min/h lo cual es tiempo suficiente para lograr dicho trabajo de homogeneidad y tener en cuenta el dimensionamiento que se presenta a continuación:

Estableciendo el diámetro del agitador en $D = 0,20$ m

A este total le pertenece un coeficiente de newton

$N = 33.0$ Newton.

La velocidad de trabajo del agitador se fija en 250 [rpm]

Por tal motivo la potencia del agitador:

$$P_{at2} = 1.3 \cdot N_{at2} \cdot \rho_s \cdot n_{at2}^3 D_{at2}^5$$

Dónde:

Potencia del agitador [kW]

N = Coeficiente de newton del agitador.

ρ_s := Densidad del fluido a agitar [kg/m³]

at 2 n:= Velocidad de giro del agitador [rpm]

Dat 2 := Diámetro de la paleta del agitador [m]

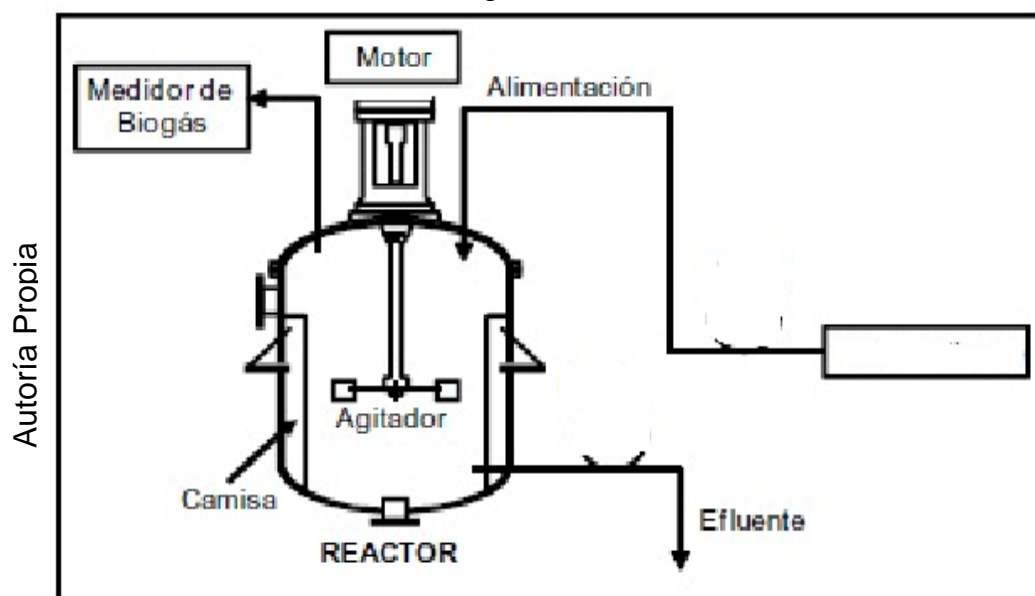
Reemplazando valores obtenemos una potencia mecánica de 158 Watt, que es la potencia que debe tener el motor eléctrico de corriente continua que es accionado por la batería que almacena energía proveniente de 4 paneles de 50 Watt.

Figura 9



Geometría del Agitador del Biodigestor

Figura 10



Esquema del Biodigestor

Sistema fotovoltaico

La selección del panel fotovoltaico que se utilizará, para generar energía eléctrica que se almacena en una batería, para luego ésta energía eléctrica enviarla hacia un motor de corriente continua, que acciona el eje, en donde se encuentran los álabes que hacen la función de remover el estiércol para así poder generar el biogás.

El eje del biodigestor, será accionado con un motor de corriente continua, para lo cual es necesario conocer la potencia mecánica que se requiere.

Para la remoción del estiércol, el eje requiere de una fuerza de 100 Kg, es decir de 981 Newton, en una polea de 6" de diámetro (0,1524 m), por lo tanto, la potencia mecánica que se requiere es:

$$P_m = T \cdot w$$

Donde:

P_m: Potencia Mecánica en Watt.

T: Torque en N-m.

W: Velocidad angular en rad/s.

La velocidad angular w, se expresa en función al número de RPM, con el que gira el eje del biodigestor, y se expresa:

$$W = (2\pi) \cdot \text{RPM} / 60$$

El número de RPM, con el que gira el biodigestor es de 50 rpm.

Reemplazando se obtiene:

$$W = 5,23 \text{ rad/seg.}$$

Así mismo el torque necesario es:

$$T = F \cdot R.$$

Donde:

T: Torque mecánico, N-m.

F: Fuerza 981 Newton

R: Radio de giro del eje: 1" (0,0254m)

Reemplazando valores, se obtiene un torque mecánico de 24,91 N-m.

Luego reemplazando en la ecuación de la potencia mecánica, se obtiene un valor de $24,91 \cdot 5,23 = 130,31$ Watt.

Para cubrir ésta solicitud de energía mecánica, se utiliza una batería de 12 voltios, que almacena la energía, proveniente del panel solar, considerando una eficiencia del sistema de transmisión de 0,90 y una eficiencia del motor de corriente continua de 0,85; la potencia eléctrica que necesita generar el panel solar será:

$$PE = P_m / (E_m \cdot E_e)$$

Donde:

PE: Potencia Eléctrica en Watt.

Em: Eficiencia mecánica de la transmisión.

Ee: Eficiencia eléctrica del motor.

Pm: Potencia Mecánica

Reemplazando valores, se obtiene:

$$PE = 130,31 / (0,9 \cdot 0,85)$$

$$PE = 170,35 \text{ Wat}$$

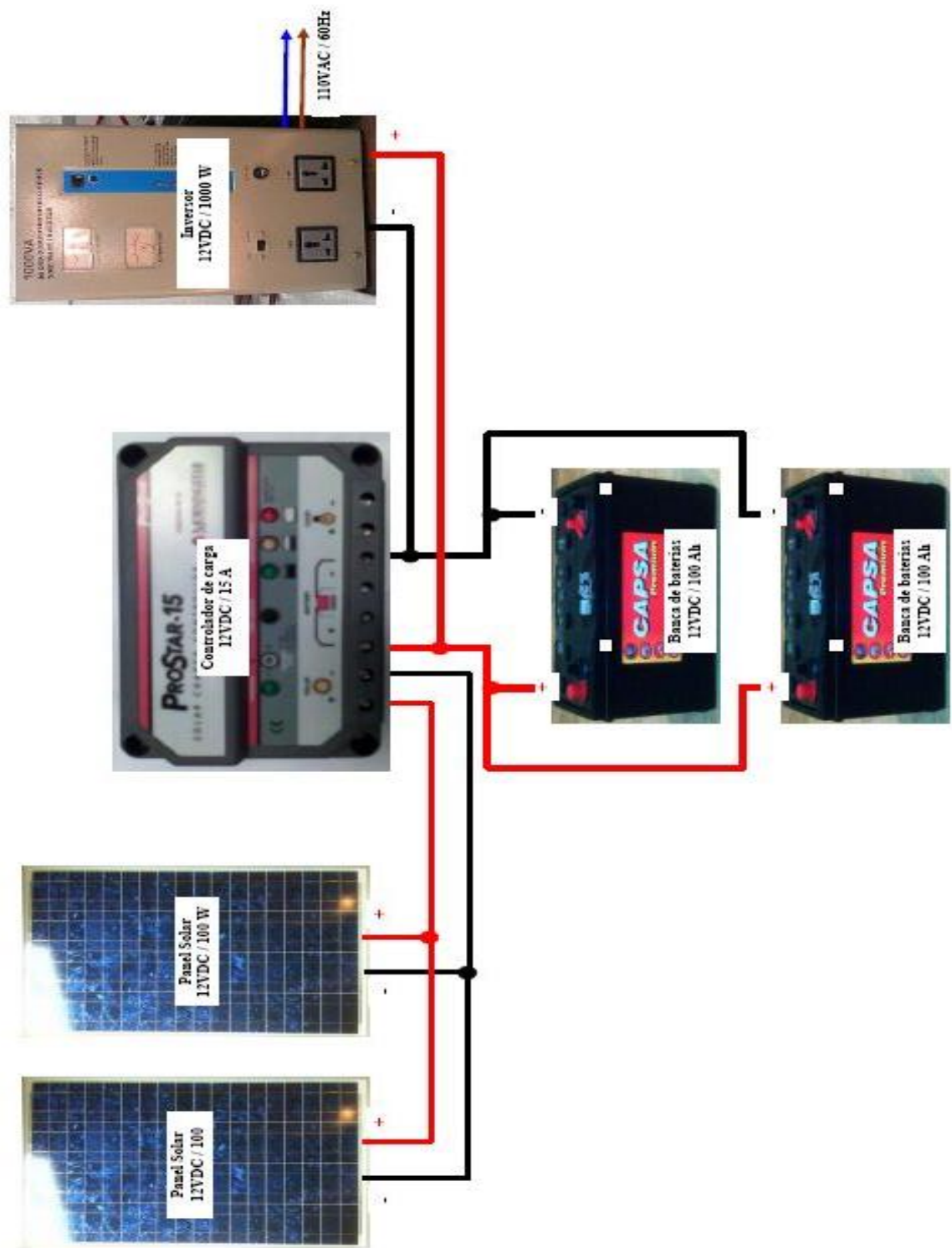


Figura 11

Sistema Fotovoltaico.

Se selecciona 4 paneles fotovoltaicos de 50 Watt de potencia.

Tabla 11

Características Electricas	
Modelo	SMP-400
Potencia Maxima STC	400W
Voltage (Tension) de Operacion Optimo	49.44V
Corriente de Operacion optimo	8.09A
Voltage a Circuito-Abierto	60.4V
Corriente a Corto-Circuito	8.59A
Eficiencia de Celda Solar	17.80%
Eficiencia del Modulo Solar	15.60%
Voltage (Tension) Maxima del Sistema	1000VCD
Serie Maxima de Fusibles	15A
Tolerancia de Potencia	0-+5W
Características Mecanicas	
Celda Solar	Poly-Crystalline 156*156mm
No. de Celdas	96 (8x12)
Dimensiones	1960 x 1308 x 40 mm
Peso	35.3 kg
Vidrio Frontal	Low Iron tempered glass 3.2mm
Frame	Anodized Aluminum Alloy
Junction Box	IP65/IP67 rated,with bypass diodes
Conector	MC4 Plug and socket (MC IV)
Cables de Salida	PV cable,900mm
Coeficiente de Temperatura	
Coeficiente de Temperatura de Pmax	-0.47%/K
Coeficiente de Temperatura de VOC	-0.351%/K
Coeficiente de Temperatura de ISC	+0.035%/K

Características técnicas del panel solar de 400W

Autoría Propia

Figura 12



Fabricante SOLEX

Panel Fotovoltaico policristalino.

Tabla 12

SENAMHI	Mes	n	δ
	Enero	16	-21,096°
	Febrero	45	-13,620°
	Marzo	75	-2,418°
	Abril	105	9,415°
	Mayo	136	19,031°
	Junio	167	23,354°
	Julio	197	21,354°
	Agosto	228	13,455°
	Septiembre	258	2,217°
	Octubre	289	-9,966°
	Noviembre	319	-19,148°
	Diciembre	350	-23,372°

Valores del ángulo de inclinación de panel solar en Lambayeque

Otro parámetro a considerar es el envejecimiento del sistema y según características del fabricante el rendimiento del sistema se reduce 20% después de 25 años de su fabricación

$$P_{25 \text{ años}} = 400 - (400 \times 0.2)$$

$$P_{25 \text{ años}} = 400 - 80$$

$$P_{25 \text{ años}} = 320 \text{ Watt}$$

Calculo de corriente de entrada del regulador:

$$I_{\text{ing-regulador}} = P_r / V_{DC}$$

$$I_{\text{ing-regulador}} = 360 / 12$$

$$I_{\text{ing-regulador}} = 30 \text{ A}$$

$I_{\text{ing-regulador}}$ = Intensidad de entrada al Regulador de carga

P_r = Potencia panel propuesto.

V_{DC} = 12 V, es el voltaje del panel.

Intensidad de Salida.

La Intensidad de Salida depende de la Corriente que pasara por el regulador, al momento de utilización de las cargas, para un diseño más óptimo, se toma la peor circunstancia de trabajo, que es como si todas las cargas trabajaran juntas a la vez.

Comercialmente los Reguladores de carga de uso doméstico, vienen estandarizados en 8, 10 A... 60 A.

Por lo tanto, para darle un poco más de Protección al sistema se tomará un Regulador de carga de 40 A.

Como el controlador es el corazón de un sistema fotovoltaico su funcionamiento determina el comportamiento y tiempo de vida del sistema completo. Una unidad de control que extrae demasiada electricidad de la batería causará la falla temprana de ésta y tal vez incluso pueda dañar los cables y dispositivos. Un controlador que apaga los paneles antes de tiempo influye en la eficiencia del sistema. Por lo tanto es aconsejable usar sólo diseños probados.

Especificaciones Técnicas Controlador de Carga

Parámetros eléctricos

- Rendimiento máximo 97.5%
- Voltaje nominal de batería 12 o 24 Voltios
- Batería máxima Corriente de carga 15 amperes
- Rango de voltaje de batería 7-36 Voltios
- Potencia nominal de funcionamiento máxima *

Batería de 12 Voltios	200 Watt
Batería de 24 Voltios	400 Watt
- Tensión máxima de circuito abierto PV ** 75 Voltios
- Intensidad de corriente de carga 15 amperios
- Consumo propio 35 miliamperes
- Protección contra picos transitorios 4 x 1500 Watts

Condiciones ambientales de servicio

- Temperatura de servicio -40°C a +60°C
- Temperatura de almacenamiento -55°C a +100°C
- Humedad 100%, sin condensación
- Protección climática Encapsulado en epoxi Revestimiento apropiado Terminales aptos para atmósfera marina

Carga de baterías

- Tipos de batería Gel, selladas, AGM ("secas"), electrolito líquido
- Carga en 4 etapas Principal (a corriente constante), absorción, flotante, ecualización (balance de carga) (opcional)
- Compensación de temperatura

Coefficiente	-5mV/°C / celda
Rango	-30°C a +60°C
Puntos de calibración	Absorción, flotante y ecualización

Características físicas

- Dimensiones 16.9h x 6.4w x 7.3d cm
6.6h x 2.5w x 2.9d pulgadas
- Peso 0.60 kg / 1.3 lbs
- Terminal de potencia 16 mm² / AWG N° 6
- Caja Aluminio fundido con tapa de plástico

Opciones

- Medidor remoto
- Sensor de temperatura remoto
- Adaptador MeterBus USB (UMC- 1)
- Adaptador PC MeterBus para RS - 232
- Mordazas de montaje en riel DIN

Selección de baterías

Las principales características que deben reunir las baterías para sistemas solares son:

- Aptitud para trabajar en ciclos de carga/descarga
- Mínimo y/o libre de mantenimiento
- Posibilidad de instalación fácil y compacta.

Para dimensionar el módulo de almacenamiento se utilizará la siguiente formula:

$$B = (Na \times Pr) / (D \times V \times Ir)$$

$$B = (3 \times 360) / (0,8 \times 0,5 \times 12)$$

$$B = 225 \text{ A-h}$$

Dónde:

Na = Días de autonomía: Este es un valor determinado por el diseñador normalmente se estima tres (3) días de autonomía porque se encuentra

ubicado en la parte norte del Perú y ubicación del departamento de Lambayeque.

P_r = Potencia requerida

R = Eficiencia de la batería = 80 %

D = Descarga de la batería = 50 %

V = Voltaje de trabajo del Sistema = 12 V

Calculo del consumo medio diario (Ah)

$$Q_d = W_d / U_n$$

Dónde:

$$Q_d = 360 / 12$$

$$Q_d = 30 \text{ Ah/día}$$

Q_d = Consumo medio diario (Ah/día)

U_n = Energía media diaria (Wh/día)

W_d = Tensión nominal del sistema de acumulación (V)

Comprobamos que el valor de la capacidad del sistema del acumulador no exceda a 25 veces la corriente de corto circuito del generador

fotovoltaico. $C_n < 25 \times I_{gsc}$ 225 A-h $< 25 \times 30$

225 A-h < 750 A-h **Es CONFORME**

3.4 Realizar la evaluación técnica y económica del diseño de un biodigestor con energía fotovoltaica

La evaluación económica y financiera del proyecto de inversión es un aspecto importante para analizar la viabilidad del proyecto, utilizando los indicadores económicos, que recogen información de los futuros gastos e ingresos que se generaría si se implementa la propuesta de instalación de un biodigestor utilizando la energía solar, así como también el impacto que ocasionaría en beneficio del ambiente,

Los indicadores que se analizan es la tasa interna de retorno, el valor actual neto, y la relación beneficio/ costo, que permiten evaluar en el tiempo de duración del proyecto, si económicamente se justifica.

Inversión inicial del proyecto

La inversión de la propuesta es el costo del equipo, que consiste en la suma de sistemas mecánicos, y del sistema fotovoltaico, los cuales representan la inversión inicial del proyecto en el año cero de su inicio.

Tabla 13

Autoría Propia

Ítem	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Costo Total (S/.)
Obras civiles	Unidad	1	500	500
Soporte del Biodigestor con estructura de Plancha de acero de 1/4."	Unidad	2	240	480
Biodigestor metálico 0,46 x 0,70m	Unidad	1	780	780
Instrumentación: Manómetro de Presión 0 - 50 PSI	Unidad	2	110	220
Tuberías metálicas de 3 1/2".	Unidad	3	180	540
Válvulas reductoras.	Unidad	2	70	140
Gasómetro de vidrio de 24 x 36,8 cm	Unidad	1	120	120
Panel Solar de 50 Watt	Unidad	4	450	1800
Inversor	Unidad	1	320	320
Regulador de carga	Unidad	1	280	280
Batería 12 voltios	Unidad	2	340	680
Motor eléctrico de 200 Watt	Unidad	1	790	790
Agitador de biodigestor	Unidad	1	120	120
Total				6770

Inversión Inicial del Proyecto

Costos por mantenimiento

El costo por mantenimiento, es por la inspección del biodigestor y del sistema fotovoltaico, que consiste en verificar los sistemas mecánicos y eléctricos de los mecanismos, representan un costo de 1% aproximadamente de la inversión mensual.

Cuantificación de los beneficios económicos del proyecto.

Para cuantificar los beneficios del uso del biogás, éste se cuantifica, por el valor de reemplazo que tiene el biogás, con respecto al GLP, en el establo adquieren 3 balones GLP de 10,5 Kg, a un precio de S/. 36.00 Nuevos Soles cada uno, totalizando S/. 108.00 Nuevos Soles; sin embargo con el uso del biodigestor la cantidad de gas que se obtiene es equivalente a la energía de 8 balones de GLP, es decir de 288 Nuevos Soles Mensuales.

Flujo de caja del proyecto

Se analiza el Proyecto para un tiempo de 05 años, por ser un tipo de inversiones pequeñas, el tiempo de recuperación de capital, tiene un tiempo a corto plazo

Tabla 14

Año		0	1	2	3	4	5
Ingresos			3456	3456	3456	3456	3456
Egresos	Inversión Inicial (S/.)	6770					
	Costo de Mantenimiento (S/.)		406,2	406,2	406,2	406,2	406,2
	Gastos Operativos (S/.)		162,48	162,48	162,48	162,48	162,48

Flujo de caja

La inversión inicial de 6770 Nuevos Soles, es producto de un préstamo bancario, que tiene un interés anual de 20%, por lo tanto las cuotas de amortización para la entidad bancaria, se determina, mediante la siguiente expresión:

$$R = \frac{INV [i * (1 + i)^n]}{(1 + i)^n - 1}$$

Donde:

R: Amortización del capital.

INV: Inversión Inicial.

i: Tasa de Interés.

n: Número de meses

Reemplazando valores:

R= 2264,23 Nuevos Soles.

Este valor de 2264,23 Nuevos Soles, representa un egreso para el proyecto; en el cuadro 9, se muestra el flujo de caja del proyecto.

Tabla 15

Año		0	1	2	3	4	5
Ingresos			3456	3456	3456	3456	3456
Egresos	Inversión Inicial (S/.)	6770					
	Amortización del capital (S/.)		2264,23	2264,23	2264,23	2264,23	2264,23
	Costo de Mantenimiento (S/.)		406,2	406,2	406,2	406,2	406,2
	Gastos Operativos (S/.)		162,48	162,48	162,48	162,48	162,48
	Ingresos - Egresos		623,09	623,09	623,09	623,09	623,09

Flujo de caja del proyecto

Valor Actual Neto

Los valores de los ingresos anuales, llevándolas al año cero, donde se inicial el proyecto, con una tasa de interés del 20% anual.

Ingresos actualizados al tiempo 0:

$$Ia = \frac{Ra * [(1+i)^n - 1]}{i * (1+i)^n}$$

Donde:

Ia: Ingresos actualizados año 0.

Ra: Ingresos anuales 3456 Nuevos Soles

i. Tasa de Interés: 20% mensual.

n: Número de años

Reemplazando valores obtenemos:

$$Ia: 7166 / 0,49 = 14624 \text{ Nuevos Soles}$$

Los costos por mantenimiento y de energía eléctrica actualizados al año cero se determinan:

$$Ca = \frac{Rc * [(1+i)^n - 1]}{i * (1+i)^n}$$

Donde:

Ia: Costos actualizados al años 0

Rc: Costos anuales: (406,2 + 162,48) = 568,48 Nuevos Soles.2

Tasa de Interés: 20% anual

n: Número de años: 5

$$1178/0,49$$

Reemplazando valores, obtenemos que los costos actualizados al año cero es 2404 Nuevos Soles. El valor actualizado neto del proyecto se determina sumandos los ingresos actualizados netos menos los costos actualizados menos la inversión realizada, es decir $14624 - 2404 - 6770 = 5450$ Nuevos Soles.

Tasa Interna de retorno

Para calcular la tasa interno de retorno, se determina haciendo que los ingresos actualizados más los costos actualizados, con una tasa de interés a determinar es igual a la inversión inicial del proyecto.

$$Inv = \frac{Rd * [(1+TIR)^n - 1]}{TIR * (1+TIR)^n}$$

Donde:

Inv: Inversión Inicial 6770

Rd: Ingresos anuales - costos anuales = $3456 - 568,48 = 2887,52$ Nuevos Soles.

n: Número de años: 5

TIR: Tasa Interna de Retorno.

Reemplazando valores, y mediante una metodología de aproximaciones o utilizando el software Microsoft Excel, se calcula el valor del TIR, siendo éste igual a 32% anual, que representa un valor superior al interés bancario actual que oscila entre el 20 y 30% anual.

Relación beneficio costo

La relación beneficio / costo es de $14624 / 6770$ es de 2,16, valor que hace viable la ejecución de la propuesta de la instalación de un aire acondicionado utilizando energía solar.

IV. DISCUSIÓN

La discusión del presente trabajo de investigación, es una crítica a los diferentes resultados que se han obtenido en el capítulo III, entre los cuáles podemos mencionar:

- Las variables estudiadas, que son el diseño del biodigestor con energía solar y la producción de metano de uso doméstico, están interrelacionadas con la demanda de energía en el establo para labores de cocción de alimentos; sin embargo, es preciso señalar que la consistencia del uso del estiércol de ganado vacuno, ésta en función a la crianza del ganado, y ante una variación en la población del ganado, las variables estudiadas, son sensibles a ésta variación.
- La energía que presenta el metano a la presión de 0,1 MPa, es la presión apropiada para uso en las cocinas, debido a que si la presión se incrementase, el proceso de combustión del metano dentro de los mecanismos de cocción, se harían técnicamente inviables, esto nos lleva a analizar que la presión debe ser controlada, y medida en todo momento con el manómetro instalado en la tubería de descarga del biodigestor.
- El accionamiento del agitador del biodigestor, que es accionado por un motor eléctrico de corriente continua de 200 Watt y 12 Voltios, que a la vez recibe energía eléctrica de un banco de baterías, garantiza la sostenibilidad del mecanismo, debido al potencial de radiación solar medido, y que sólo en periodos de tiempo entre las 09.00 y 10.00 y las 14.00 y 15.00 Horas, el panel solar no emite energía eléctrica, sin embargo en las baterías se acumula ésta energía eléctrica, con 03 horas de autonomía de energía del banco de baterías.
- La inversión, justifica el uso del metano, debido a que el precio de GLP, tiene tendencia a la alza, tal como se analizó en los resultados de la evaluación económica.

V. CONCLUSIÓN

- Se realizó el análisis de la situación actual en cuanto a la producción de estiércol en el Establo San Antonio de Monsefú, y se determinó que es un problema su eliminación, debido a que son 452 Kg de estiércol que son eliminados hacia el exterior, sin las medidas sanitarias correctas, y en algunos casos, un porcentaje no es eliminado causando inconvenientes en la crianza del ganado vacuno.
- Se realizó las mediciones de los niveles de radiación solar en el establo, mediante un protocolo de mediciones, el cuál establecía medir 4 veces de cada mes, desde las 09.00 hasta las 15.00 horas, y se puede concluir que entre las 11.00 y las 14.00 horas se alcanza los mayores índices de radiación solar, con valores superiores a los 5Kw-H/m². El estudio de éste potencia energético, sirvió para continuar con el proyecto, debido a que es posible técnicamente el aprovechamiento de la energía solar, con valores de radiación solar que fueron medidas.
- Se realizó la selección del biodigestor y del sistema fotovoltaico, de acuerdo a la producción de estiércol, a los niveles de radiación solar y a la demanda de energía térmica en el establo para labores de cocción de alimentos, que representan 1441 KJ, estableciendo la capacidad de procesamiento de estiércol, dimensiones del Biodigestor tubular continuo (Polietileno), tamaño del panel solar con sus respectivos mecanismos de almacenamiento, control y regulación de energía eléctrica.
- La evaluación económica del proyecto, estable que el Valor Actual Neto es de 5450 Nuevos Soles, una Tasa Interna de Retorno del 32% y una Relación Beneficio Costo de 2,16, que hacen viable la ejecución de la propuesta realizada en el presente trabajo de investigación.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio para que con el uso de la energía del estiércol de ganado, se cubra necesidades energéticas de cocción, sino también de energía eléctrica para la iluminación del establo, para lo cual será necesario utilizar un biodigestor de mayor capacidad.
- El estudio del nivel de radiación solar, es mejor si se realiza mediciones de todos los días del año, y de esa manera tener información consistente en el tiempo.
- El estudio podría abarcar además el uso de energías renovables no convencionales, como por decir la complementación de la energía solar con la energía eólica, y de esa manera tener al establo como modelo piloto en cuanto a generación de energías limpias.
- Se recomienda en lo posible utilizar materiales de la zona, con las medidas de seguridad de acuerdo a lo establecido en la norma OSHAS 18001, es decir la norma de seguridad y salud ocupacional.

VII. REFERENCIAS

- BUSTAMANTE, El gas natural es el combustible con menor impacto ambiental, 2014, 89pp.
- CASTELL, Generación de Biogás. Chile, 2008, 87pp.
- CERSSO. En su Tesis “Estudio De Pre-Factibilidad para la Recuperación y Producción de Energía en la Región Ica a través de un Sistema de Biogás”. Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, Perú, 2012, 78pp.
- CONSTANZA. Crianza intensiva de ganado vacuno. Perú, 2013, 22pp.
- CRUZ. “Plan de Negocio para la Venta, Instalación y Mantenimiento de Biodigestores para el Servicio de Energía y Gas para el Consumo Humano Autónomo en El Distrito de Pomalca – Chiclayo” Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2014, 121pp
- FERNÁNDEZ, Energía Fotovoltaica en el Perú. Perú, 2007, p.22.
- GUARDADO, Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba. 2012, 64pp.
- GUERRERO. Gas Natural en Colombia, 2013, 67pp.
- LÓPEZ. El Problema Del Gas De Cocina (Glp) Y El Gas Natural, 2010, p.22
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. Informe Anual de Información agropecuaria, Perú, 2011,p.3
- MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS. Información energética 2010, 122pp.
- ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, USA, 2006, 23pp.

- PÉREZ. En su Tesis “Estudio y Diseño de un Biodigestor para Aplicación en Pequeños Ganaderos y Lecheros”. Universidad de Chile. 2010, 44pp.
- PINOS. Energía solar fotovoltaica. Chile, 2012, 359pp.
- RODRIGUEZ. Implementación y construcción de un biodigestor Hindú de estructura flexible con el aprovechamiento de las excretas de ganado vacuno, aplicado a la quinta experimental Punzara. Universidad Nacional de Loja, Ecuador, 2012, 211pp
- Salazar. Producción de biogás y biol a partir de excretas de ganado: experiencias en la ciudad de Tacna. Simposio peruano de energía solar y del ambiente, puno. 2012, 67pp.
- SCHLAEFLI, Energía del Metano, 2010, p.3
- SAMISONI. El biogás calienta las comunidades del Pacífico, 2011, 88pp
- SILVA, Biogás para uso doméstico en el Perú, 2013, 45pp.
- SOGARI, cálculo de la producción de metano generado por distintos restos orgánicos, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina, 2003, 76pp.
- VILLANUEVA. Implementación de un Sistema Fotovoltaico en un Vehículo Eléctrico para la Carga de Batería, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile, 2009, 99pp.

ANEXOS

GUIA DE OBSERVACION 01

Universidad César Vallejo Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica Programa SUBE Tesis: DISEÑO DE UN BIODIGESTOR CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA GENERAR GAS METANO DE USO DOMÉSTICO, ESTABLO SAN ANTONIO - MONSEFÚ 2016" Alumno: AYASTA CUSTODIO ROBERTO CARLOS Asesor: Ing. Ricardo Rodríguez Paredes	Instrucciones:
	No realizar mediciones si existe precipitaciones Colocar el Instrumento en cero luego de la medición

Mes	Día: 01 de Agosto 2016						
Agosto	Horas	09.00-10.00	10.00 - 11.00	11.00 - 12.00	12.00 - 13.00	13.00 - 14.00	14.00 - 15.00
	1ª Medición	5,123	5,238	5,321	5,432	5,434	5,231
	2ª Medición	5,021	5,231	5,319	5,443	5,454	5,243
	3 Medición	5,132	5,213	5,318	5,448	5,459	5,234
	Promedio	5,092	5,227	5,319	5,441	5,449	5,236
	Día: 11 de Agosto 2016						
	1ª Medición	5,112	5,212	5,293	5,213	5,332	5,123
	2ª Medición	5,031	5,247	5,312	5,459	5,470	5,259
	3 Medición	5,131	5,212	5,334	5,421	5,412	5,212
	Promedio	5,091	5,224	5,313	5,364	5,405	5,198
	Día: 21 de Agosto 2016						
	1ª Medición	5,091	5,181	5,211	5,183	5,256	5,123
	2ª Medición	5,011	5,226	5,291	5,438	5,449	5,238
	3 Medición	5,019	5,196	5,169	5,399	5,390	5,198
	Promedio	5,040	5,201	5,223	5,340	5,365	5,186
	Día: 30 de Agosto 2016						
	1ª Medición	5,012	5,018	5,183	5,212	5,322	5,213
	2ª Medición	5,013	5,123	5,212	5,230	5,321	5,295
	3 Medición	5,009	5,124	5,112	5,030	5,321	5,212
	Promedio	5,011	5,088	5,169	5,157	5,321	5,240

GUIA DE OBSERVACION 02

Universidad César Vallejo Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica Programa SUBE Tesis: DISEÑO DE UN BIODIGESTOR CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA GENERAR GAS METANO DE USO DOMÉSTICO, ESTABLO SAN ANTONIO - MONSEFÚ 2016" Alumno: AYASTA CUSTODIO ROBERTO CARLOS Asesor: Ing. Ricardo Rodríguez Paredes	Instrucciones:
	No realizar mediciones si existe precipitaciones Colocar el Instrumento en cero luego de la medición

Mes	Radiación Solar. KW-H/m2 - Día: 02 de Setiembre 2016						
Setiembre	Horas	09.00-10.00	10.00 - 11.00	11.00 - 12.00	12.00 - 13.00	13.00 - 14.00	14.00 - 15.00
	1ª Medición	5,021	5,091	5,149	5,122	5,221	5,087
	2ª Medición	5,021	5,111	5,114	5,013	5,222	5,080
	3 Medicion	5,019	5,121	5,112	5,012	5,290	5,072
	Promedio	5,020	5,108	5,125	5,049	5,244	5,080
	Radiación Solar. KW-H/m2 - Día: 12 de Setiembre 2016						
	1ª Medición	5,016	5,081	5,141	5,117	5,216	5,071
	2ª Medición	5,012	5,106	5,109	5,233	5,219	5,081
	3 Medicion	5,014	5,112	5,107	5,112	5,123	5,067
	Promedio	5,014	5,100	5,119	5,154	5,186	5,073
	Radiación Solar. KW-H/m2 - Día: 22 de Setiembre 2016						
	1ª Medición	5,023	5,087	5,148	5,124	5,223	5,078
	2ª Medición	5,019	5,113	5,112	5,240	5,226	5,088
	3 Medicion	5,001	5,009	5,114	5,091	5,192	5,073
	Promedio	5,014	5,070	5,125	5,151	5,213	5,079
	Radiación Solar. KW-H/m2 - Día: 30 de Setiembre 2016						
	1ª Medición	5,033	5,098	5,153	5,134	5,233	5,088
	2ª Medición	5,029	5,123	5,111	5,250	5,112	5,098
	3 Medicion	5,012	5,019	5,124	5,101	5,202	5,083
	Promedio	5,024	5,080	5,129	5,162	5,182	5,090